NORMES EUROPÉENNES APPLICABLES À L'EAU DE BOISSON

DEUXIÈME ÉDITION

ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ

GENÈVE

1971

© Organisation mondiale de la Santé, 1971

Les publications de l'Organisation mondiale de la Santé bénéficient de la protection prévue par les dispositions du Protocole N° 2 de la Convention universelle pour la Protection du Droit d'Auteur. Les institutions gouvernementales et les sociétés savantes ou professionnelles peuvent, toutefois, reproduire des données, des extraits ou des illustrations provenant de ces publications, sans en demander l'autorisation à l'Organisation mondiale de la Santé.

Pour toute reproduction ou traduction intégrale, une autorisation doit être demandée au Bureau des Publications et Traductions, Organisation mondiale de la Santé, Genève, Suisse. L'Organisation mondiale de la Santé sera toujours très heureuse de recevoir des demandes à cet effet.

Les désignations utilisées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part du Directeur général de l'Organisation mondiale de la Santé aucune prise de position quant au statut juridique de tel ou tel pays ou territoire, ou de ses autorités, ni quant au tracé de ses frontières.

La mention de firmes et de produits commerciaux n'implique pas que ces firmes et produits commerciaux sont agréés ou recommandés par l'Organisation mondiale de la Santé de préférence à d'autres. Sauf erreur ou omission, une majuscule initiale indique qu'il s'agit d'un nom déposé.

IMPRIMÉ EN SUISSE

TABLE DES MATIÈRES

Pages

Préface de la deuxième édition 7

Préface de la première édition 9

1. Introduction 11
   1.1 Objet 11
   1.2 Plan 13
   1.3 Expression des résultats 14

2. Analyse bactériologique 14
   2.1 Les germes indicateurs de pollution 15
   2.1.1 Germes indicateurs de pollution fécale 15
   2.1.2 Numération des germes totaux 16
   2.1.3 Recommandations 17
   2.1.4 Analyses spéciales 17
   2.2 Méthodes recommandées pour la recherche et la numération des germes indicateurs de pollution 17
   2.2.1 Recherche des coliformes et d'*E. coli* 17
   2.2.2 Recherche des streptocoques fécaux et des germes anaérobies sporogènes 22
   2.3 Normes de qualité bactériologique pour l'eau de boisson distribuée sous canalisation 23
   2.3.1 Recommandations 24
   2.4 Technique de prélèvement des échantillons destinés à l'analyse bactériologique 25
   2.4.1 Fréquence des prélèvements 25
   2.4.2 Recommandations 25
   2.4.3 Prélèvement, transport et conservation des échantillons 27

3. Analyse virologique 30

4. Analyse biologique 31

5. Analyse radiologique 32
   5.1 Taux de radioactivité dans l'eau de boisson 32
   5.2 Prélèvement des échantillons 34

Pages

6. Analyses physique et chimique 34
6.1 Objet 34
6.2 Substances chimiques toxiques 35
6.3 Matières organiques extractibles 36
6.4 Hydrocarbures aromatiques polycycliques 36
6.5 Pesticides 37
6.6 Recherche des substances chimiques dont la présence est indésirable dans l'eau de boisson distribuée sous canalisation 38
6.6.1 Fluorures 40
6.6.2 Autres substances dont la concentration devrait, de préférence, être contrôlée 41
6.7 Analyse générale pour la détermination des caractères physiques, chimiques et organoleptiques de l'eau . . 41
6.8 Prélèvement des échantillons destinés à l'analyse chimique 47
6.8.1 Fréquence des prélèvements 47
6.8.2 Prélèvement, transport et conservation des échantillons 47

Annexe 1. Modèles de bulletins d'analyse bactériologique et chimique de l'eau 49

Annexe 2. Liste des participants 54

Bibliographie 57

Index 61

PRÉFACE DE LA DEUXIÈME ÉDITION

Neuf ans se sont écoulés depuis la parution, en 1962, de la première édition des Normes européennes applicables à l'Eau de Boisson. *Comme l'indiquait la préface de cette édition, le but de ces normes est de promouvoir l'amélioration de la qualité des eaux de boisson et d'encourager les pays d'Europe qui ont des possibilités techniques et économiques développées à atteindre des normes supérieures aux minimums spécifiés dans les* Normes internationales pour l'Eau de Boisson.[87] *Ces dernières normes sont tenues pour indispensables et applicables par tous les pays. D'autre part, le développement industriel et l'agriculture intensive pratiquée dans certains pays européens créent, pour les approvisionnements en eau, des risques qui n'existent pas toujours dans les autres régions. Aussi, des normes plus strictes y sont-elles à la fois de rigueur et justifiées.*

La publication d'une édition nouvelle et revisée est apparue nécessaire par suite de la mise au point, ces dernières années, de méthodes nouvelles et de techniques améliorées applicables à l'analyse des eaux de boisson, ainsi que des modifications qui sont apportées au concept de « niveau admissible » dans le cas de certains facteurs qui affectent la qualité de l'eau. De nouveaux chapitres ont également été ajoutés dans cette nouvelle version : ils traitent des virus dont certains peuvent être pathogènes pour l'homme, des hydrocarbures aromatiques dont certains sont cancérogènes pour les animaux et éventuellement pour l'homme et des pesticides qui, utilisés en agriculture, peuvent être toxiques pour l'homme et se frayer un chemin jusqu'aux eaux naturelles qui servent de source d'approvisionnement en eau de boisson. L'analyse radiologique qui faisait l'objet du tableau 1 dans l'édition précédente est traitée ici dans un chapitre distinct ; enfin, la présente édition contient de nouveaux chapitres consacrés à l'analyse des substances biologiques et des matières organiques extractibles.

Comme les différents pays européens n'appliquent pas tous les mêmes techniques ni les mêmes méthodes pour l'analyse des eaux de boisson, le présent document met l'accent sur la détermination de ce que sont *les normes acceptables de qualité pour ces eaux, plutôt que sur la façon de déterminer ces normes. Cependant, il est exposé à titre indicatif, pour chaque analyse, au moins une méthode classique d'exécution. L'ordre dans lequel sont exposées ces méthodes est tel que la première citée peut être recommandée pour l'usage courant des laboratoires. Dans certains cas, la description des méthodes données à plusieurs reprises varie par quelque détail d'une fois à l'autre.*

Beaucoup de méthodes exposées sont également citées dans les publications de diverses institutions compétentes, telles que l'Association française de Normalisation, le Conseil d'Assistance économique mutuelle, le « Dansk Standardiseringsraad, la Gesellschaft Deutscher Chemiker, la Hoofdcommissie voor Normalisatie in Nederland, l'Institut belge de Normalisation, etc. Il faut souligner que l'intention n'est pas ici de présenter une bibliographie complète des analyses des eaux de boisson. Les références indiquées se rapportent simplement aux méthodes mentionnées dans le texte.

Le lecteur est également prié de prendre connaissance des recommandations générales du Groupe de travail des normes européennes applicables à l'eau de boisson, réuni à Copenhague du 18 au 21 novembre 1968, et chargé de préparer cette deuxième édition revisée. Les membres du Groupe ont relevé l'absence d'informations adéquates quant à un certain nombre de facteurs qui ont une incidence sur les normes applicables à l'eau. Il a été proposé de rassembler des renseignements sur la cytotoxicité de l'eau, sur les proportions de résidus de pesticides trouvés dans l'eau de boisson et sur les concentrations de métal dans les échantillons d'eau de boisson prélevés au robinet des consommateurs. Il serait également utile de faire des recherches sur les nitrates contenus dans l'eau de boisson et sur leur association avec la méthémoglobinémie infantile. Les aspects sanitaires de l'utilisation d'eau déminéralisée, en particulier du point de vue du contenu minimal en matières minérales, doivent être étudiés, ainsi que les effets produits sur la santé par la présence dans l'eau de boisson de détersifs non ioniques et d'un certain nombre de métaux tels que le mercure, l'étain, le vanadium, le béryllium, etc.

On trouvera en annexe 2 la liste des participants à la réunion qui a abouti à la préparation de la deuxième édition des Normes européennes applicables à l'Eau de Boisson.

PRÉFACE DE LA PREMIÈRE ÉDITION

Il est universellement admis que l'eau destinée à la consommation humaine doit être exempte de substances chimiques et de micro-organismes pouvant présenter un danger pour la santé. Non seulement elle doit être saine, c'est-à-dire non dangereuse, mais, compte tenu des circonstances, elle doit être aussi agréable que possible à consommer. La fraîcheur, la clarté, l'absence de couleur et de toute saveur ou odeur déplaisantes sont des qualités d'une importance primordiale pour les eaux destinées à l'alimentation publique.

L'emplacement, la construction et l'aménagement des ouvrages de captage, des stations de pompage, des réservoirs et du réseau de distribution, leur mode d'exploitation et la surveillance de leur bon fonctionnement doivent être conçus de manière à écarter d'avance toute possibilité de contamination de l'eau distribuée.

Dans la Région européenne, quelques pays sont parvenus à fixer des normes de qualité de l'eau applicables sur leurs territoires respectifs et à réaliser une certaine uniformité dans les méthodes d'analyse et dans l'expression de leurs résultats. Toutefois, de nombreux pays n'ont pas encore établi de normes officielles de qualité de l'eau, ni décrit les méthodes à appliquer pour apprécier cette dernière. Au cours de réunions internationales organisées par le Bureau régional de l'Europe de l'Organisation mondiale de la Santé, la question a été examinée par des hygiénistes et des ingénieurs spécialisés dans l'étude des questions de distribution d'eau. Lors de ces réunions, il a été reconnu qu'il serait possible d'obtenir de grandes améliorations dans toute la Région si l'on arrivait à faciliter la comparaison des divers procédés de traitement par l'adoption de modes uniformes d'expression des résultats ; de plus, en exerçant un contrôle plus sévère sur la qualité de l'eau livrée à la consommation, les autorités sanitaires responsables pourraient prévenir les épidémies d'origine hydrique. Le Bureau régional de l'Europe de l'Organisation mondiale de la Santé, avec la collaboration des gouvernements des Etats Membres et l'aide de plusieurs experts, s'est donc efforcé d'apporter une aide technique aux administrations sanitaires des pays d'Europe qui désirent reviser la réglementation applicable au contrôle de la qualité de l'eau et l'adapter aux conditions actuelles, et il a entrepris, à cette fin, une étude de la situation. Les résultats préliminaires de cette étude ont été rassemblés dans un rapport intitulé « Normes de qualité et méthodes d'analyse pour les eaux d'alimentation applicables aux pays européens », préparé en mars 1956

sous forme de document polycopié. Ce rapport présentait, de manière condensée, les principes essentiels sur lesquels devrait, en l'état actuel des connaissances, être fondé un contrôle rationnel des systèmes publics de distribution d'eau potable.

Des études similaires ont été entreprises dans plusieurs autres Régions de l'Organisation mondiale de la Santé et, en juin 1956, des experts provenant de différentes Régions se réunirent à Genève. Ce groupe d'experts disposait des rapports des diverses réunions régionales et mit au point le recueil des Normes internationales applicables à l'eau de boisson, *qui a été publié par l'Organisation mondiale de la Santé en 1958. Cet ouvrage précise les normes minimums de qualité, chimique et bactériologique, qui — de l'avis du groupe d'experts — sont raisonnablement exigibles de l'eau destinée à l'usage domestique, et il décrit en détail des méthodes approuvées d'analyse.*

En 1959, une nouvelle réunion d'experts de la Région européenne s'est tenue à Copenhague pour reviser le document « Normes de qualité et méthodes d'analyse pour les eaux d'alimentation applicables aux pays européens », à la lumière de l'expérience acquise et des observations faites depuis 1956. Le présent recueil tient compte des décisions prises au cours de cette réunion.

On peut se demander pourquoi l'Organisation mondiale de la Santé a publié concurremment des « normes internationales » et des « normes européennes ». L'ouvrage intitulé Normes internationales applicables à l'eau de boisson *propose les normes minimums que l'on considère comme susceptibles d'être appliquées actuellement dans tous les pays du monde. Etant donné que les possibilités économiques et techniques diffèrent d'un point du globe à l'autre, il existe quelques régions où l'on pourra atteindre un niveau supérieur à celui qui est proposé pour le monde entier ; il va sans dire qu'il faudrait encourager ces régions à élaborer des normes plus élevées que les normes générales. L'Europe, estime-t-on, est l'une de ces régions, et il n'est donc pas illogique que les normes y soient rendues plus strictes que pour l'ensemble du monde. L'un des buts de l'élaboration de normes est précisément de promouvoir une amélioration de la qualité de l'eau ; et l'on espère — ainsi qu'il est dit dans les* Normes internationales applicables à l'eau de boisson — *que le développement des ressources économiques et techniques dans tous les pays permettra, dans l'avenir, de suggérer l'adoption de normes plus strictes que celles qui ont été récemment proposées pour le monde entier.*

Les noms des participants aux réunions qui ont précédé l'établissement du document intitulé « Normes de qualité et méthodes d'analyse pour les eaux d'alimentation applicables aux pays européens », et à celle qui a mis au point le présent rapport, sont donnés à l'annexe 2.

1. INTRODUCTION

1.1 Objet

Il convient de souligner que les propositions ci-après ne doivent être considérées que comme des directives générales ; elles n'ont aucun caractère impératif et ne constituent en fait que des recommandations.

Le présent ouvrage traite de la qualité chimique et bactériologique minimale que l'on peut raisonnablement exiger des eaux amenées sous canalisation pour les usages ménagers. Par « eau sous canalisation », on entend une eau destinée à la boisson, fournie aux consommateurs par l'intermédiaire d'un réseau de distribution et contrôlée par les autorités communales ou locales, ou soumise à une réglementation édictée par ces autorités. Bien qu'il soit logiquement souhaitable que la qualité de l'eau destinée aux petites collectivités rurales et aux consommateurs isolés ne soit pas inférieure à celle des eaux distribuées aux consommateurs des collectivités importantes, on ne peut raisonnablement escompter que l'approvisionnement rural en petits volumes puisse toujours être conforme aux normes proposées pour l'eau sous canalisation telle qu'elle est définie ci-dessus.

Il importe toutefois que les autorités sanitaires locales exercent un certain contrôle tout au moins sur la qualité bactériologique de l'eau de boisson fournie par les adductions privées et individuelles.

La situation varie beaucoup, même à l'intérieur de l'Europe. Certains pays favorisés ont d'importantes nappes souterraines qui alimentent des puits profonds ou des sources jaillissantes, alors que d'autres doivent utiliser abondamment l'eau des rivières, des lacs et autres nappes de surface. Ailleurs encore, le problème le plus urgent est d'obtenir un volume d'eau suffisant. Toutefois, il est estimé que les recommandations relatives à la qualité chimique et bactériologique de l'eau qui sont contenues dans le rapport ci-après devraient s'appliquer à toutes les eaux sous canalisation destinées à la boisson quelle qu'en soit la provenance initiale.

Aucune analyse bactériologique ou chimique de l'eau, si soigneusement exécutée soit-elle, ne peut remplacer la connaissance totale des conditions qui règnent à la source d'approvisionnement et en tous les points du réseau de distribution. Toute eau distribuée doit être régulièrement contrôlée par des experts, depuis la source jusqu'aux points de distribution, et les prélèvements d'échantillons — en particulier de ceux qui sont destinés aux analyses bactériologiques — doivent être répétés dans des conditions météorologiques différentes, notamment à la suite de fortes pluies, ainsi qu'après l'exécution de tous travaux importants de réparation ou de construction. Il faut bien mettre en valeur que, si un contrôle sanitaire fait apparaître que l'eau distribuée aux consommateurs est manifestement exposée à un pollution, elle

doit être condamnée quels que soient les résultats de son analyse chimique ou bactériologique. La contamination, qui est souvent intermittente, n'est pas toujours révélée par l'analyse chimique ou bactériologique d'un échantillon unique. L'examen d'un tel échantillon n'indique parfois rien d'autre que les conditions qui existent au moment du prélèvement, et un résultat satisfaisant ne saurait garantir que les conditions observées demeureront inchangées par la suite. La question du traitement à faire éventuellement subir à l'eau avant sa distribution sous canalisation sort du cadre du présent rapport, mais il convient de noter que la chloration ne suffit pas toujours à elle seule à donner aux eaux brutes une qualité satisfaisante. D'autres traitements, tels que la coagulation et la filtration, sont nécessaires avant la chloration pour rendre certaines eaux propres à être distribuées dans les réseaux. Il faut insister aussi sur le fait que la qualité de l'eau de boisson dépend de celle de l'eau brute, notamment en ce qui concerne les constituants minéraux que n'éliminent pas les traitements habituels, et les normes qui suivent ne doivent être interprétées à aucun égard comme une approbation implicite de la dégradation d'une source d'eau existante dont la qualité est supérieure à celle que ces normes recommandent.

Ni les normes de qualité chimique et bactériologique, ni les diverses méthodes d'analyse recommandées, ne sont présentées comme définitives. De nouvelles méthodes sont constamment mises en œuvre ou au point, et il est à prévoir que celles qui sont préconisées ici, de même que les normes, seront revisées de temps à autre.

Bien que le présent rapport puisse avoir une certaine utilité pour les entreprises, etc. qui s'occupent du traitement et de la distribution de l'eau, il est essentiellement applicable, dans l'esprit de ses auteurs, à l'eau telle qu'elle est fournie aux consommateurs. Aussi espère-t-on qu'il sera précieux pour les autorités de santé, chargées de veiller à ce que l'eau livrée à la consommation soit saine et agréable.

Quels que soient les analyses et les contrôles effectués par les entreprises de distribution d'eau, il devrait néanmoins exister un système de contrôles réguliers effectués par des laboratoires qui seraient mandatés par les autorités de santé nationales ou autres, responsables de la fourniture d'une eau propre aux usages domestiques. Parmi les tâches des directeurs de ces laboratoires figurerait l'obligation de donner aux autorités de santé des avis sur les mesures à prendre en vue de prévenir tout risque présenté par une eau pour la santé des consommateurs, en particulier lorsque les résultats des analyses indiqueraient l'existence d'un danger potentiel. Il est recommandé que les laboratoires équipés pour l'analyse bactériologique et chimique de l'eau soient mis à même de procéder à des tests et de donner des avis au stade de l'élaboration des plans de tout réseau public de distribution d'eau. Dans tous les cas où de tels laboratoires existent ou sont prévus, il est indispensable qu'ils disposent d'un équipement suffisant ainsi que d'un personnel qualifié et formé à la pratique des analyses qui lui seront confiées.

1.2 Plan

Le rapport traite au premier chef de la protection des eaux de boisson distribuées par canalisation contre les dangers que ces eaux pourront présenter pour la santé des consommateurs. Il est divisé en chapitres relatifs aux analyses bactériologique, virologique, radiologique, physique et chimique. Le chapitre 2, consacré à l'analyse bactériologique, traite du choix des germes à utiliser comme indicateurs de pollution, des méthodes préconisées pour la recherche de ces germes, des normes de qualité bactériologique pouvant être raisonnablement adoptées pour l'eau de boisson distribuée par canalisation, de la fréquence des prélèvements pour analyse bactériologique, et des précautions à observer lors du prélèvement, de la conservation et du transport des échantillons destinés à l'analyse bactériologique. Viennent ensuite les chapitres 3 et 4, consacrés respectivement à l'analyse virologique et à l'analyse biologique. Bien que ni l'une ni l'autre de ces opérations ne puisse être considérée comme partie intégrante de l'analyse courante des eaux de boisson, il peut être nécessaire d'y procéder de temps à autre ; elles sont maintenant mieux connues qu'à l'époque où a été établie la première édition des normes. Le chapitre 5 a trait à l'analyse radiologique de l'eau de boisson, le chapitre 6 à son analyse physique et chimique.

Le chapitre 6 concerne surtout les limites de concentration à fixer pour certaines substances toxiques qui peuvent présenter un véritable danger pour la santé, et il y est recommandé des méthodes de dépistage et de dosage de ces substances. Il traite également des concentrations approximatives au-dessus (ou au-dessous) desquelles certaines autres substances chimiques sont indésirables. Il s'agit de substances qui, sans mettre nécessairement en danger l'intégrité physique du consommateur, sont susceptibles de donner à l'eau un aspect, une odeur ou une saveur qui la rendent impropre à la consommation, ou de détériorer le réseau de distribution. Les méthodes recommandées pour le dépistage et le dosage de ces substances sont également indiquées. Cette partie du rapport contient aussi de courts paragraphes concernant les matières chimiques extractibles, les hydrocarbures aromatiques polycycliques et les pesticides.

La partie du chapitre 6 relative à l'analyse chimique traite également des méthodes préconisées pour la détermination des caractères physiques, chimiques et organoleptiques généraux de l'eau, afin de faciliter la comparaison des résultats obtenus dans différents laboratoires. Il y est aussi fait mention de la fréquence recommandée des prélèvements d'échantillons aux fins d'analyse chimique et des précautions à observer pour le prélèvement, le transport et la conservation des échantillons.

1.3 Expression des résultats

Considérant combien il importe d'uniformiser les méthodes d'expression des résultats obtenus par l'analyse physique, chimique et bactériologique de l'eau, il a été jugé bon de définir, au préalable, les unités dans lesquelles il est recommandé d'exprimer ces résultats.

Bien qu'il soit nécessaire d'exprimer les résultats des analyses chimiques en milliéquivalents par litre (mEq/l) pour établir la balance entre les anions et les cations, on estime qu'il convient d'utiliser en général la notation en milligrammes par litre (mg/l) qui est bien connue et largement employée. Dans le cas de la dureté totale et de l'alcalinité totale pour lesquelles la notation en milligrammes ne convient pas, il faudra employer les milliéquivalents par litre.

Dans toute la mesure du possible, les composants chimiques seront exprimés en ions. Les volumes seront chiffrés en millilitres (ml) et les températures en degrés Celsius (°C). Pour les analyses bactériologiques, le nombre total de germes se développant sur un milieu solide sera exprimé par le nombre de colonies dénombrées par millilitre d'eau, avec l'indication du milieu, de la durée et de la température d'incubation. Les évaluations numériques des bactéries coliformes, *Escherichia coli* (*E. coli*), et autres germes indicateurs de pollution seront exprimées par le « nombre le plus probable » (*most probable number*) ou MPN de germes présents dans 100 ml d'eau, lorsque la numération sera faite par l'épreuve de fermentation en tubes multiples, ou par le nombre de colonies par 100 ml, si la numération est effectuée sur membrane filtrante. Dans les analyses radiologiques, la radioactivité sera exprimée en picocuries par litre (pCi/l). Pour les analyses physiques, la conductivité sera exprimée en microsiemens[a] par centimètre (µS/cm). On trouvera au tableau 5 (p. 44) les notations préconisées pour les résultats concernant la turbidité, la couleur, l'odeur et la saveur.

2. ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE

Il est principalement question ici de la surveillance normale de l'eau de distribution. Il importe d'effectuer une analyse bactériologique complète toutes les fois qu'on envisage d'exploiter une nouvelle source d'approvisionnement. Cette analyse doit comporter des numérations de colonies de microorganismes en milieux non sélectifs, la recherche des streptocoques d'origine fécale et, éventuellement, de *Cl. perfringens* (*Cl. welchii*), ainsi que des bactéries coliformes et d'*E. coli*. Des examens du même genre doivent également être effectués de temps à autre, lorsque le directeur du laboratoire ou les autorités responsables les jugent nécessaires. Des circonstances

---

[a] 1 siemens (S) = 1 ohm^{-1}.

spéciales exigeront parfois d'autres examens, par exemple pour mettre en évidence la présence de germes pathogènes.

L'annexe 1 contient un modèle de bulletin pour la relation des résultats de l'analyse bactériologique.

2.1 Les germes indicateurs de pollution

2.1.1 *Germes indicateurs de pollution fécale*

Le plus grand danger de pollution auquel est exposée l'eau de boisson est celui d'une contamination récente par des eaux d'égout ou des excréments humains ; il y a même un risque qu'on ne saurait négliger : celui d'une contamination d'origine animale. Si une telle contamination s'est produite à une date suffisamment rapprochée, et s'il existe des malades infectieux ou des porteurs de germes de maladies telles que la fièvre typhoïde ou la dysenterie parmi les individus auxquels la contamination est imputable, l'eau peut contenir les germes de ces maladies et sa consommation risque d'engendrer de nouveaux cas. Bien que les méthodes bactériologiques modernes permettent de déceler ces bactéries pathogènes dans les eaux résiduaires, il n'est pratiquement pas possible de procéder à leur recherche courante dans des échantillons d'eau de boisson. Mais, lorsque des germes pathogènes existent dans des matières fécales ou des eaux résiduaires, leur nombre est presque toujours bien inférieur à celui des germes excrémentiels normaux, qui sont plus faciles à déceler dans l'eau. Donc, si ces germes normaux ne se trouvent pas dans l'eau, on peut en général en déduire que les germes pathogènes sont également absents. Il s'ensuit que le recours aux germes excrémentiels banals comme indicateurs d'une contamination fécale donne une certaine marge de sécurité.

Les organismes les plus couramment utilisés comme indicateurs de pollution sont *E. coli* et les coliformes en général. L'origine fécale d'*E. coli* ne saurait être mise en doute, mais la signification précise qu'il faut attribuer à la présence dans l'eau d'autres coliformes est très controversée. [8, 9, 67, 81] Tous les coliformes peuvent avoir une origine fécale, et leur présence dans l'eau doit être interprétée comme l'indice d'une situation particulièrement dangereuse. C'est pourquoi, du point de vue pratique, il faut considérer que tous les coliformes sont d'origine fécale, à moins que, dans des circonstances déterminées, on ne puisse apporter la preuve du contraire. Quoi qu'il en soit, et indépendamment de la question de savoir s'ils sont révélateurs d'une pollution d'origine *fécale, il est certain que tous les germes du groupe coliforme sont normalement absents de l'eau* et qu'ils doivent au moins être considérés comme des indications d'une pollution au sens le plus général du terme.

Pour obtenir confirmation de la nature fécale de la pollution, il pourra être utile, dans les cas douteux, de rechercher les streptocoques fécaux, dont le plus caractéristique est *Streptococcus faecalis*.

Les streptocoques fécaux sont toujours présents dans les matières fécales en nombre variable, mais généralement beaucoup plus faible que celui d'*E. coli*. Dans l'eau, ils meurent et disparaissent sans doute à peu près dans les mêmes délais qu'*E. coli*, et d'habitude plus rapidement que les autres coliformes. Donc, si l'on trouve dans un échantillon d'eau des organismes du groupe coliforme mais pas d'*E. coli*, l'identification de streptocoques fécaux donnera une confirmation importante du caractère fécal de la pollution.

Des organismes anaérobies sporogènes dont le plus caractéristique est *Cl. perfringens* (*Cl. welchii*) se trouvent eux aussi régulièrement dans les matières fécales, mais ils sont en général beaucoup moins nombreux qu'*E. coli*. Les spores peuvent survivre dans l'eau plus longtemps que les coliformes et résistent généralement à l'action du chlore aux doses normalement utilisées pour la désinfection de l'eau de distribution. La présence de spores de *Cl. perfringens* dans une eau naturelle fait penser à une contamination fécale et, en l'absence de bactéries coliformes, à une contamination déjà ancienne.

La recherche des streptocoques fécaux et des germes anaérobies sporogènes peut également être utile lorsqu'on analyse des échantillons d'eau à intervalles de longue durée, qu'on envisage d'exploiter une nouvelle source et qu'il est alors nécessaire de recueillir le plus grand nombre possible de renseignements sur la qualité de l'eau.

2.1.2 *Numération des germes totaux*

Pour l'analyse bactériologique de l'eau, on pratique assez fréquemment la numération des colonies sur gélose nutritive à 37°C et à 20°C. A elle seule, cette numération est de peu de valeur s'il s'agit de déceler une pollution fécale, car on dénombrera nécessairement des germes de tous les types capables de se développer aux températures considérées. Cependant, une série de numérations pratiquées sur des échantillons prélevés successivement dans un puits profond ou une autre source seront d'une grande utilité, car une augmentation soudaine du nombre de colonies peut être le premier signe indicateur d'une contamination. Des numérations fréquemment répétées sur des échantillons prélevés en différents points d'une installation d'épuration sont inestimables pour le contrôle des opérations de traitement de l'eau ; elles rendent également service quand on se propose d'exploiter une nouvelle source d'alimentation et qu'il importe de recueillir le plus d'informations possible sur la qualité de l'eau.

Une seule numération est rarement utile et, lorsqu'il s'agit d'eaux de surface non traitées, même une série de numérations est presque dépourvue de valeur en raison des variations importantes dues, par exemple, aux changements des conditions atmosphériques.

2.1.3 *Recommandations*

Qu'elle soit traitée ou non, l'eau qui circule dans le réseau de distribution ne doit contenir aucun organisme susceptible d'être d'origine fécale. L'absence de germes du groupe coliforme, tel qu'il est défini ci-après, doit être considérée comme une indication relativement sûre de l'absence de pollution. Leur présence par contre doit être imputée à une pollution fécale, à moins qu'il ne soit possible de prouver le contraire. Si l'on découvre des germes coliformes, il faut approfondir les recherches pour déterminer la provenance de ces micro-organismes.

Le groupe coliforme comprend tous les bacilles en bâtonnets, gram-négatifs, non sporogènes, provoquant en moins de 48 heures à la température de 37°C la fermentation du lactose avec production d'acide et de gaz.

E. coli est incontestablement d'origine fécale et sa présence doit être considérée comme le signe certain d'une pollution fécale, qui exige une intervention immédiate. Aux fins de détermination de la salubrité de l'eau, *E. coli* est défini comme un bacille en bâtonnet, gram-négatif, non sporogène, provoquant en moins de 48 heures la fermentation du lactose avec production d'acide et de gaz aux températures de 37°C et de 44°C,[a] produisant de l'indol en eau peptonée additionnée de tryptophane, et incapable d'utiliser le citrate de sodium comme seule source de carbone.

Des analyses fréquentes sont indispensables pour le contrôle de la salubrité de l'eau. Le volume des échantillons doit toujours être d'au moins 100 ml.

2.1.4 *Analyses spéciales*

Si l'on désire rechercher la présence, dans les échantillons d'eau, d'organismes du groupe *Salmonella* ou de bactériophages, ou effectuer le typage sérologique des souches d'*E. coli* afin d'établir la corrélation avec des souches entéro-pathogènes susceptibles de déclencher des symptômes morbides chez les nourrissons (et, éventuellement, chez les adultes), les examens nécessaires — qui ne font pas partie du protocole habituel d'analyse des eaux — devront de préférence être confiés à des laboratoires spécialisés.

2.2 Méthodes recommandées pour la recherche et la numération des germes indicateurs de pollution

2.2.1 *Recherche des coliformes et d'*E. coli

On utilise essentiellement deux méthodes pour rechercher et dénombrer les germes coliformes dans l'eau, à savoir celle de la fermentation en tubes,[3, 25] dans laquelle des volumes d'eau déterminés sont ajoutés à des volumes

---

a Dans un pays au moins, le mannitol a été utilisé avec succès à la place du lactose pour l'épreuve de fermentation à 44°C. Son utilisation évite des difficultés en face de souches d'*E. coli* déficientes en perméase.

d'un milieu de culture liquide approprié, et celle de la *membrane filtrante*, [3, 11, 12, 25, 74, 84, 85] dans laquelle des volumes d'eau déterminés sont filtrés à travers un microfiltre. Ces deux méthodes ne donnent pas des résultats strictement comparables, notamment parce que les dénombrements sur membrane filtrante ne fournissent aucune indication quant à la production de gaz à partir du lactose.

Méthode de la fermentation en tubes multiples

L'analyse bactériologique de l'eau en milieu de culture liquide commence par l'épreuve de présomption de la présence de coliformes. Elle consiste à ensemencer avec l'échantillon d'eau à analyser un milieu de culture liquide convenable dans des boîtes ou dans des tubes qui sont ensuite portés à l'étuve et examinés après un laps de temps approprié. L'épreuve est dite « de présomption » parce que la réaction observée peut être due parfois à la présence d'un autre germe ou d'une association de germes : la réaction ne donne donc qu'une présomption et la présence des bactéries coliformes doit être confirmée. La proportion de réactions faussement positives dépend à la fois de la flore bactérienne de l'eau analysée et du milieu de culture utilisé.

En ensemençant un certain nombre de tubes à l'aide de volumes d'eau appropriés, on peut obtenir, à l'aide de tables statistiques, une estimation du nombre des germes coliformes présents dans un volume donné d'eau. Des formules applicables aux volumes d'eau et au nombre de tubes de chaque volume à examiner, ainsi que des tables donnant les valeurs de l'indice MPN des germes coliformes dans l'échantillon initial pour les différentes combinaisons de tubes positifs et négatifs, figurent dans les *Normes internationales pour l'Eau de Boisson*,[87] *The Bacteriological Examination of Water Supplies* [25] et *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*.[3]

Les milieux utilisés pour l'épreuve de présomption ont beaucoup varié autrefois selon les pays. Mais, au cours des dix dernières années, une somme considérable de travaux a été accomplie au sujet de milieux chimiquement définis, [17, 29, 36, 37, 43, 68, 70, 82, 83] et il est maintenant possible de recommander l'utilisation, pour cette épreuve, du bouillon de MacConkey, [13, 25, 81] additionné de violet de bromocrésol comme indicateur, [81] et d'une solution concentrée normalisée de sels biliaires [10] ou d'un milieu au glutamate — mis à l'étuve à 37°C pendant un maximum de 48 heures. Plusieurs milieux au glutamate sont utilisés, [17, 68, 70, 83] mais des comparaisons récentes [68, 70] ont montré que le milieu amélioré au formate-lactose-glutamate, décrit à l'origine par Gray, [37] mais avec une formule minérale modifiée, [25, 70] est celui qui se révèle le plus généralement satisfaisant.

Epreuve de confirmation. Pour compléter l'épreuve de présomption, au moins une épreuve rapide de confirmation de la présence de bactéries coliformes et d'*E. coli* doit être effectuée. La méthode la plus pratique consiste

à repiquer le contenu de chaque tube positif à l'épreuve de présomption dans deux tubes contenant soit du bouillon bilié au vert brillant, [3, 13, 57] soit du bouillon lactosé au ricinoléate. [69] L'un de ces tubes sera laissé à 37°C pendant 48 heures au plus pour obtenir confirmation de la présence des bactéries coliformes et l'autre sera incubé à 44°C et contrôlé, d'abord après 6 heures, puis après 24 heures, [80] pour déterminer s'il contient ou non *E. coli*.

On peut, si on le désire, obtenir une autre confirmation de la présence d'*E. coli* en recherchant s'il y a production d'indol à 44°C. Lorsqu'une confirmation complète est nécessaire, on repique le contenu des tubes présumés positifs sur milieu solide — par exemple sur gélose lactosée, sur milieu d'Endo, sur gélose à éosine et au bleu de méthylène ou sur gélose de MacConkey — et l'on prélève ensuite les diverses colonies pour les identifier par la recherche de l'indol, et par les épreuves du citrate [3, 13, 25, 65] et de fermentation du lactose à 37°C et 44°C.

Volume d'eau à analyser. Pour l'analyse bactériologique, les échantillons doivent être de 100 ml au moins. Les volumes à utiliser dans les épreuves sur milieux de culture liquides dépendront de la qualité de l'eau à analyser, et les séries à utiliser dans chaque cas particulier varieront selon la connaissance que possède le bactériologiste de la source particulière d'alimentation. Lorsqu'on s'attend à trouver une eau de bonne qualité, un échantillon de 50 ml et cinq de 10 ml conviennent, tandis que pour des eaux de qualité douteuse, on peut utiliser un échantillon de 50 ml, cinq de 10 ml et cinq de 1 ml. Pour des eaux fortement polluées, il pourra être nécessaire de recourir à des dilutions de 1 pour cent, de 1 pour mille ou davantage, afin d'obtenir quelques réactions négatives dans les séries et d'avoir une valeur finie de l'indice MPN. Quelles que soient les séries utilisées, les volumes d'eau contenus dans les différents tubes, et les nombre de tubes contenant chaque volume d'eau devront être tels qu'ils permettent de calculer, à l'aide des tables statistiques, une estimation de l'indice MPN des coliformes présents dans 100 ml de l'échantillon original d'eau à analyser.

Méthode de la membrane filtrante

L'autre méthode de numération des coliformes présents dans l'eau consiste à filtrer un volume déterminé d'eau de l'échantillon à travers une membrane faite d'esters cellulosiques ou de certaines autres substances. Toutes les bactéries sont retenues à la surface de la membrane ; on place ensuite cette membrane, face vers le haut, sur des milieux adéquats et on met à incuber aux températures appropriées ; en comptant les colonies qui se développent à la surface de la membrane, il est possible de réaliser, avec un temps total d'incubation de 18 heures, une numération directe des germes présumés coliformes et une numération directe d'*E. coli*, sans recourir aux tables de probabilité. Les numérations sur membrane sont toutefois sujettes à des variations statistiques, et des numérations parallèles

effectuées à partir du même échantillon d'eau ne donneront généralement pas le même nombre d'organismes (pour les limites de confiance, voir *The Bacteriological Examination of Water Supplies* [25]).

Ni les organismes anaérobies sporogènes, qui peuvent donner de fausses réactions présomptives avec le bouillon de MacConkey, ni les mélanges de divers organismes qui peuvent causer de fausses réactions présomptives avec tous les milieux de culture liquides, ne peuvent fausser les résultats obtenus sur membrane filtrante. Par contre, cette méthode ne permet pas de déterminer s'il y a production de gaz ou non.

Matériel de filtration et exposé sommaire de la technique. Le matériel de filtration consiste essentiellement en un disque de carbone poreux ou de verre fritté, serti dans un joint de caoutchouc siliconé monté sur une base qui peut être fixée à un entonnoir cylindrique étalonnable à 50 et à 100 ml. La membrane filtrante est posée sur le disque poreux et, pour l'opération de filtrage, le porte-filtre est monté sur une fiole de filtration qui puisse être branchée sur une pompe électrique à vide, une trompe à eau ou un simple aspirateur manuel. Après avoir fait passer sous pression un volume déterminé d'eau à travers la membrane filtrante, cette membrane est retirée et placée face en dessus dans une boîte de Petri, sur un milieu de culture solide approprié, ou sur un tampon absorbant qui a été plongé dans un milieu de culture liquide. On trouvera dans *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* [3] et dans *The Bacteriological Examination of Water Supplies* [25] des descriptions et des illustrations concernant l'appareil et son mode d'emploi, ainsi que des renseignements détaillés sur la stérilisation de l'appareil et des membranes, les milieux de culture utilisables et le procédé d'incubation. Pour la recherche des coliformes totaux et pour celle d'*E. coli*, il faut utiliser des membranes distinctes et des procédés d'incubation différents.

Après incubation, les membranes seront examinées à la loupe sous un bon éclairage. L'apparence des colonies dépendra du milieu de culture utilisé, mais la numération devra tenir compte de toutes les colonies présentant l'aspect requis, quelle que soit leur taille. S'il y a lieu, on pourra repiquer certaines colonies apparues sur les membranes dans des milieux de culture liquides, pour confirmation, ou sur un milieu de culture solide dans lequel on pourra prélever des colonies pour des épreuves de confirmation absolue.

Volume d'eau à analyser. La numération des coliformes et celle d'*E. coli* sont effectuées sur des quantités d'eau différentes. Pour tous les échantillons dont on pense qu'ils renferment moins de 100 coliformes par 100 ml d'eau, il est nécessaire de filtrer 100 ml d'eau lors de chaque épreuve. Pour les échantillons d'eau polluée, les volumes à analyser devront être choisis de telle façon que le nombre de colonies à dénombrer sur les membranes soit compris entre 10 et 100. Lorsque le volume à filtrer est inférieur à 10 ml,

l'échantillon doit être dilué dans de l'eau stérile de façon que l'on puisse soumettre à la filtration un volume de 10 ml au moins.

Avantages et inconvénients de la méthode de la membrane filtrante. Le principal avantage de cette méthode réside dans la rapidité avec laquelle elle permet d'obtenir des résultats, y compris le dénombrement des germes d'*E. coli*. Il est alors possible, en cas de besoin, de prendre rapidement les mesures correctives qui sont nécessaires et, lorsque le résultat est négatif, de remettre plus vite en service les installations d'adduction d'eau. Au laboratoire, cette méthode permet aussi une économie de travail technique, de milieux de culture et de verrerie. Elle permet également, lorsqu'il n'est pas possible d'apporter immédiatement un échantillon à un laboratoire pourvu de tout l'équipement voulu, de filtrer sur membrane un échantillon d'eau, soit au point même du prélèvement, soit dans un laboratoire local ne disposant pas de beaucoup de matériel et, après avoir placé cette membrane sur un milieu de transport, de l'adresser à un laboratoire bien équipé. Ces opérations seront exposées dans la partie du texte relative à la collecte et au transport des échantillons.

Cette méthode ne peut convenir dans le cas d'eaux fortement troubles et dans lesquelles les germes coliformes sont peu nombreux car, en pareil cas, la membrane serait colmatée avant qu'une quantité d'eau suffisante ait pu être filtrée. Elle ne convient pas non plus lorsqu'il s'agit d'une eau contenant un petit nombre de coliformes et beaucoup d'organismes non coliformes susceptibles de se développer sur les milieux de culture utilisés, car les organismes non coliformes risqueraient de recouvrir la totalité de la membrane, gênant ainsi le développement des coliformes. Si les organismes qui fermentent le lactose sans produire de gaz prédominent dans l'eau à analyser, la méthode de la filtration sur membrane ne convient pas non plus en raison de la forte proportion de résultats faussement positifs à laquelle elle conduit.

Certaines techniques initiales de filtration sur membrane nécessitent une modification du milieu de culture après les quelques premières heures de l'incubation ; d'autres, plus récentes, remplacent ce changement de milieu par un changement de température, que l'on peut réaliser, soit en transportant les récipients qui renferment les membranes d'une étuve dans une autre, soit au moyen d'un appareil spécial qui provoque automatiquement le changement de température au moment voulu.

Comme les résultats obtenus par la méthode de la membrane filtrante ne sont pas nécessairement les mêmes que ceux de la méthode de fermentation en tubes multiples, il est indispensable, avant d'adopter la première de ces méthodes comme procédé normal pour un laboratoire ou pour une source d'alimentation en eau, de procéder à une série adéquate d'épreuves parallèles selon les deux méthodes, afin de déterminer leur équivalence ou la supériorité de l'une sur l'autre.

2.2.2 *Recherche des streptocoques fécaux et des germes anaérobies sporogènes*

Quand on estime souhaitable de compléter la recherche des bactéries coliformes et des germes d'*E. coli* par celle des streptocoques fécaux ou des germes anaérobies sporogènes, il est recommandé d'utiliser les méthodes indiquées ci-après :

Streptocoques fécaux. Les méthodes couramment utilisées pour la recherche et la numération des streptocoques fécaux sont les suivantes :

1) Ensemencement de plusieurs tubes de bouillon glucosé à l'azide avec diverses fractions de l'échantillon d'eau.[25, 38] Les tubes ensemencés sont ensuite placés pendant 72 heures dans une étuve à 37°C. Dès que l'apparition d'acide est constatée, un gros inoculat est repiqué dans d'autres tubes de bouillon glucosé à l'azide et mis à l'étuve à 45°C pendant 48 heures ; tous les tubes où l'on constate un dégagement d'acide à cette température renferment des streptocoques fécaux.[25]

2) Filtration sur membrane.[25, 76] Cette technique est essentiellement la même que celle qui a été décrite au paragraphe 2.2.1, à l'exception du milieu utilisé et du procédé d'incubation qui sont différents. Après filtration, la membrane est placée sur une plaque bien sèche de gélose glucosée à l'azide.[76] On met ensuite à l'étuve à 37°C pendant 4 heures, puis à 44° ou 45°C pendant 44 heures.[25] Toutes les colonies rouges ou marron sont comptées comme streptocoques fécaux.[85]

Germes anaérobies sporogènes. Pour la recherche et la numération des spores de *Cl. perfringens* dans l'eau, la méthode la plus satisfaisante est la suivante :

On ensemence avec plusieurs fractions de l'échantillon d'eau — préalablement chauffé à 75°C pendant 10 minutes pour détruire les germes non sporogènes — des flacons fermés par un bouchon à vis et contenant un milieu de culture différentiel renforcé pour *Clostridium* (differential reinforced clostridial medium : DRCM).[35] Les flacons doivent être remplis de manière à ne laisser qu'un petit espace d'air, puis placés à l'étuve à 37°C pendant 48 heures. Une réaction positive est mise en évidence par le noircissement du milieu, dû à la réduction du sulfite et à la précipitation de sulfure de fer. Tout germe du genre *Clostridium* peut produire cette réaction. A l'aide d'une anse de fil métallique, on fera dans chaque flacon positif un prélèvement qu'on repiquera dans un tube renfermant du lait tournesolé [25] fraîchement bouilli et refroidi. Ces tubes seront ensuite mis à l'étuve à 37°C pendant 48 heures. Dans ceux qui contiennent *Cl. perfringens* se produira un « caillot hétérogène » (le lait est acidifié et coagulé, et le caillot désagrégé par le gaz).

2.3 Normes de qualité bactériologique pour l'eau de boisson distribuée sous canalisation

Certaines eaux de boisson sous canalisation sont soit chlorées, soit désinfectées par d'autres moyens avant d'être distribuées dans les réseaux ; d'autres ne le sont pas. Il ne semble pas y avoir, toutefois, de raison logique de fixer des normes bactériologiques différentes pour les eaux sous canalisation qui ont été désinfectées (par un traitement au chlore ou par d'autres procédés) et pour celles qui n'ont fait l'objet d'aucun traitement. Un traitement efficace par le chlore donne une eau pratiquement exempte de coliformes et, si l'eau de boisson distribuée sous canalisation qui n'a été ni chlorée ni traitée d'autre manière ne peut atteindre de façon permanente la norme bactériologique qu'il est normalement permis d'attendre d'une eau désinfectée, il faut lui appliquer la chloration ou un autre procédé de désinfection.

S'agissant des normes bactériologiques applicables aux eaux de boisson distribuées sous canalisation, il faut tenir compte à la fois de la qualité de l'eau à son entrée dans le réseau de distribution et de sa qualité à l'intérieur du réseau. Une eau qui était parfaitement satisfaisante à son entrée dans le réseau de distribution peut ne plus l'être lorsqu'elle parvient au robinet du consommateur. Des coliformes peuvent être introduits dans le réseau par les pompes de relais, par l'étoupe employée pour assurer l'étanchéité des joints dans les conduites, ou par les rondelles des valves de distribution. L'eau des réseaux de distribution peut aussi être contaminée de l'extérieur, la pollution pouvant provenir, par exemple, de communications accidentelles entre conduites d'eau potable et canalisations d'eau polluée, du siphonnage en retour, du mauvais état des cuves et des réservoirs de service, de conduites détériorées, de prises d'eau défectueuses, ou de tuyauteries mal réparées dans les habitations mêmes. Les coliformes provenant des rondelles de valves ou des joints des conduites de distribution peuvent n'avoir qu'une importance négligeable, voire nulle, du point de vue sanitaire, mais la contamination qui provient de l'extérieur des canalisations constitue un danger au moins aussi grand que celle qui résulte de l'entrée dans le réseau de distribution d'une eau polluée ou insuffisamment traitée. Il est bon d'appeler l'attention sur deux points : 1) la nécessité de maintenir une pression suffisamment élevée dans tout le système de distribution pour empêcher que le siphonnage en retour n'introduise des polluants sur le trajet des canalisations ; 2) le besoin de prévoir dans tous les systèmes de distribution un moyen de chloration pour combattre une pollution accidentelle toujours possible.

Les mesures précises à prendre lorsqu'on trouve des coliformes dans un échantillon prélevé sur le réseau dépendent des conditions locales, mais il ne faut pas oublier qu'une contamination peut se produire aussi bien dans un réseau de distribution où l'eau a été chlorée que dans un réseau où l'eau

n'a pas été traitée. Il convient donc de ne pas considérer ces deux cas comme différents l'un de l'autre.

On ne saurait trop souligner que l'analyse bactériologique est d'autant plus utile qu'elle est réitérée. L'examen d'un seul échantillon ne donne d'indication valable que sur les conditions qui existent au moment et au point particulier du prélèvement. Pour contrôler d'une manière efficace la salubrité de l'eau, il est nécessaire de procéder fréquemment à l'analyse bactériologique d'échantillons prélevés en des points judicieusement répartis sur l'ensemble du réseau de distribution, y compris les conduites borgnes.

2.3.1 *Recommandations*

Pour s'assurer de la salubrité d'une eau de boisson, il est de la plus haute importance de procéder fréquemment et périodiquement à son analyse bactériologique tant à l'entrée dans le réseau de distribution qu'à l'intérieur du réseau lui-même.

Lorsqu'on décèle la présence de coliformes dans un échantillon de 100 ml, il faut immédiatement analyser un autre échantillon prélevé au même point : c'est là un minimum. En fait, il peut être jugé bon d'analyser également des échantillons provenant d'autres points du réseau de distribution et de compléter le contrôle par l'analyse d'échantillons prélevés dans les stations de pompage, les réservoirs ou les installations de traitement. La présence de coliformes dans un système de distribution sous canalisation est à ne jamais négliger : outre le prélèvement de nouveaux échantillons, les mesures qu'il peut sembler souhaitable de prendre pour assurer la pureté de l'eau fournie aux consommateurs dépendront des conditions locales.

Le degré de contamination peut être si grand que des mesures doivent être prises sans attendre le résultat des analyses pratiquées sur un échantillon de vérification. C'est à ceux qui connaissent les circonstances locales et qui ont le devoir de sauvegarder la santé de la collectivité qu'il appartiendra de prendre une décision à cet égard.

Les normes bactériologiques recommandées pour les eaux de boisson distribuées sous canalisation sont les suivantes :

A son entrée dans le réseau de distribution, l'eau doit être exempte de coliformes, qu'il s'agisse d'une eau désinfectée ou d'une eau pure à l'état naturel. La présence de coliformes dans une eau désinfectée doit toujours faire mettre en doute l'efficacité du procédé de traitement. Lorsque des coliformes apparaissent dans une eau réputée naturellement pure, il faut immédiatement chercher à découvrir les causes de cette anomalie. En principe, on devrait appliquer la même norme à toute l'eau du réseau de distribution ; mais dans l'ensemble une tolérance d'un ou de quelques colibacilles par échantillon de 100 ml peut être admise dans 5 % du nombre total d'échantillons examinés, à condition qu'un résultat positif ne soit pas obtenu dans deux ou plusieurs échantillons successifs et qu'au moins 100 échantillons de 100 ml chacun, prélevés à intervalles réguliers, soient examinés pendant

l'année. La norme suggérée, à savoir qu'on ne doit déceler la présence d'aucun coliforme dans 95 % des échantillons de 100 ml prélevés au cours d'une année, correspond à une proportion moyenne d'environ un coliforme par deux litres d'eau. C'est là une notion statistique indiquant que la qualité bactériologique de l'eau est satisfaisante d'une manière générale, mais il est bien évident que lorsqu'un prélèvement se révèle positif, il convient d'appliquer les mesures adéquates, sans attendre de savoir si plus de 5 % des échantillons examinés au cours de l'année donnent des résultats défavorables.

2.4 Technique de prélèvement des échantillons destinés à l'analyse bactériologique

2.4.1 *Fréquence des prélèvements*

La fréquence des analyses bactériologiques en vue de contrôler la salubrité de la source d'alimentation et le choix des points de prélèvement aux stations de pompage, aux installations de traitement et aux réservoirs, aux relais de pompage et sur le réseau de distribution doivent permettre une surveillance adéquate de la qualité bactériologique de l'eau distribuée. Le contrôle du système d'alimentation tout entier, du lieu de captage jusqu'au robinet de consommation, est d'une extrême importance, et l'autorité responsable en matière de santé devrait s'assurer le concours d'un expert pour décider des points de prélèvement et de la fréquence des analyses des échantillons obtenus en chacun de ces points. Les analyses bactériologiques seront effectuées par des laboratoires agréés.

Dans certains pays, il est recommandé de déterminer la fréquence des prélèvements dans certains systèmes de distribution en fonction des effectifs de la population desservie. [32, 78] Pour les analyses courantes d'échantillons prélevés tant sur le réseau de distribution qu'au point d'entrée d'une eau naturellement pure dans le réseau, il semble indiqué de faire dépendre cette fréquence des effectifs de la population desservie.

En outre, ces analyses seront espacées dans le temps d'après les risques de pollution, l'emplacement de la source d'alimentation et son degré de protection. Toutefois, lorsqu'il s'agit d'une eau qui doit être chlorée ou désinfectée d'autre manière avant d'être introduite dans le réseau de distribution, il semble nécessaire de vérifier constamment sa qualité bactériologique à l'entrée dans le réseau de distribution.

Le lecteur trouvera à l'annexe 1 un modèle de rapport d'analyse bactériologique courante.

2.4.2 *Recommandations*

Lorsqu'il est nécessaire de chlorer l'eau ou de la désinfecter d'autre manière avant son entrée dans le réseau de distribution, il faut vérifier constamment aussi bien la concentration résiduelle du chlore ou de tout

autre désinfectant chimique que la qualité bactériologique de l'eau. On ne saurait trop insister sur l'importance des contrôles de concentration, puisque c'est grâce à eux qu'il est possible, lorsqu'une eau insuffisamment traitée, et qui risque par conséquent d'être contaminée, pénètre dans le réseau de distribution à la suite d'une défaillance du système de chloration par exemple, de prendre immédiatement des mesures pour y remédier. En principe, l'analyse bactériologique d'une eau chlorée ou désinfectée d'autre manière à son entrée dans le système de distribution à partir de chaque point de traitement doit être effectuée au moins une fois par jour, ce qui se fait sans doute dans tous les cas pour les grands réseaux de distribution. Dans les petits réseaux qui desservent une population égale ou inférieure à 10 000 personnes, les prélèvements quotidiens sont parfois irréalisables ; il faut alors procéder à un contrôle convenable des additions de désinfectant et vérifier la qualité bactériologique de l'eau à intervalles d'une semaine par exemple. L'intervalle devra peut-être même être plus long pour les réseaux les plus petits. Certaines eaux qui n'ont pas besoin d'être désinfectées sont néanmoins chlorées à titre de précaution supplémentaire. Il ne semble pas indispensable d'effectuer l'analyse bactériologique quotidienne de ces eaux aux points d'entrée dans le réseau de distribution. La fréquence des analyses bactériologiques pourrait être alors la même que celle qui est choisie pour l'eau non désinfectée entrant dans le réseau de distribution (voir plus loin).

Dans le cas de toute eau désinfectée, il faut contrôler plusieurs fois par jour la concentration du désinfectant chimique, non seulement dans chaque installation de traitement, mais si possible aussi en plusieurs points du réseau de distribution. L'efficacité de la chloration et de certains autres procédés de désinfection est optimale quand on emploie des enregistreurs d'ions résiduels — à contrôle automatique de préférence. Ces appareils nécessitent cependant une vérification technique et, pour les petits réseaux, le contrôle manuel régulier est parfois le seul praticable.

Les résultats de toutes ces analyses seront enregistrés dans des conditions permettant de s'y référer à tout moment. Ils devraient être complétés deux fois par an au moins par une inspection *in situ* effectuée par des ingénieurs et des experts en hygiène sur mandat des autorités responsables. Un plan du réseau d'alimentation sera tenu à jour et mis à la disposition de ces spécialistes.

Pour les échantillons *d'eaux non désinfectées entrant dans le réseau de distribution*, il est proposé de répéter les analyses courantes aux intervalles maximaux suivants :

Population desservie	*Intervalle maximal entre prélèvements successifs*
Moins de 20 000 habitants	1 mois
De 20 000 à 50 000 habitants	2 semaines
De 50 000 à 100 000 habitants	4 jours
Plus de 100 000 habitants	1 jour

Chaque fois, des échantillons devraient être prélevés à tous les points d'entrée de l'eau dans le réseau de distribution.

Quant aux *échantillons à prélever sur le réseau de distribution, que l'eau ait été préalablement désinfectée ou non,* il est proposé que l'intervalle entre deux prélèvements successifs n'excède pas les valeurs indiquées ci-après et que le nombre d'échantillons prélevés soit au moins celui que précise le tableau suivant :

	Intervalle maximal entre prélèvements successifs	*Nombre minimal d'échantillons à prélever chaque mois sur le réseau entier de distribution*
Moins de 20 000 habitants	1 mois	1 échantillon par 5000 habitants et par mois
De 20 000 à 50 000 habitants	2 semaines	
De 50 000 à 100 000 habitants	4 jours	
Plus de 100 000 habitants	1 jour	1 échantillon par 10 000 habitants et par mois

Dans tout réseau de distribution ces deux critères doivent être simultanément appliqués.

Il est apparu justifiable de ramener le nombre minimal d'échantillons à 1 par 10 000 habitants et par mois quand la population desservie dépasse 100 000 habitants car, en pareil cas, un certain nombre d'échantillons sont de toute manière prélevés et analysés chaque jour.

Les échantillons ne seront pas forcément prélevés chaque fois aux mêmes points, mais les spécialistes dont il est question plus haut devront déterminer les points du réseau de distribution auxquels les prélèvements seront effectués.

Il faut insister sur le fait que, pour les contrôles courants, il est beaucoup plus important d'analyser de nombreux échantillons par une technique simple que de soumettre à une épreuve plus compliquée ou à une série d'épreuves quelques échantillons prélevés de temps à autre.

On se souviendra que les fréquences recommandées pour les analyses bactériologiques courantes représentent des minimums et qu'en cas de circonstances défavorables, d'épidémie ou de danger imminent de pollution, ou encore lorsqu'un contrôle renforcé s'impose — par exemple pour la distribution d'eau aux laiteries et aux industries alimentaires — on devra procéder à des analyses beaucoup plus fréquentes.

La fréquence des prélèvements devra être augmentée aussi aux points où existe un danger de contamination — par communication entre deux réseaux en particulier — et aussi lorsque les conduites auront dû subir des réparations.

2.4.3 *Prélèvement, transport et conservation des échantillons*

Lors du prélèvement d'échantillons pour analyse bactériologique, il est nécessaire de prendre des précautions minutieuses pour que l'échantillon soit représentatif de l'eau que l'on désire analyser et pour éviter toute souillure accidentelle au cours de l'opération. Le résultat des analyses dépend dans

une large mesure du soin apporté au prélèvement des échantillons ; il importe donc que les personnes chargées de ce travail aient reçu la formation qui convient.

Quand plusieurs échantillons sont prélevés au même moment et au même point, celui qui est destiné à l'analyse bactériologique sera recueilli le premier afin d'écarter le risque d'une contamination éventuelle du point de prélèvement pendant la collecte des autres échantillons.

On utilisera des flacons de verre stérilisés et pourvus d'un bouchon de verre bouchant à l'émeri ou au moyen d'une capsule de métal à vis. Le bouchon et le col du flacon devront en tout cas être protégés soit par un capuchon de papier ou de parchemin, soit par une mince feuille de papier d'aluminium.

Si l'eau à examiner contient ou est présumée contenir des traces de chlore, de chloramine ou d'ozones résiduels, il sera indispensable d'introduire dans le flacon, avant sa stérilisation, une quantité suffisante de thiosulfate de sodium ($Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$) pour neutraliser ces substances. Il a été démontré que l'introduction de 0,1 ml d'une solution à 3% de thiosulfate de sodium cristallisé dans un flacon de 170 ml n'a aucun effet notable sur la teneur en coliformes ou en *E. coli* d'une eau non chlorée conservée pendant 6 heures.[28] Or, cette quantité de thiosulfate de sodium suffit pour neutraliser le chlore résiduel jusqu'à une teneur d'au moins 5 mg/l. Il est donc recommandé d'introduire cette proportion de solution de thiosulfate de sodium dans tous les flacons utilisés pour le prélèvement d'échantillons destinés à l'analyse bactériologique. En outre, quand on prélève des échantillons d'eau chlorée, il est souhaitable de déterminer sa teneur en chlore au point de prélèvement.

Le flacon qui doit servir au prélèvement demeurera bouché jusqu'au moment du remplissage. Pendant le prélèvement, il faut éviter que le bouchon du col du flacon n'entre en contact avec un corps quel qu'il soit. Le flacon sera tenu près du fond ; il sera rempli sans rinçage préalable et le bouchon sera immédiatement remis en place.

Si l'on doit prélever un échantillon d'eau de canalisation à un robinet, on s'assurera que le robinet choisi fournit bien l'eau d'une canalisation directement branchée sur la conduite principale et non, par exemple, d'une canalisation branchée sur une citerne domestique. Après avoir nettoyé le robinet, il faut le stériliser par flambage ; on laissera ensuite couler l'eau pendant 2 minutes au moins avant de prélever l'échantillon.

Quand on recueillera directement l'échantillon dans un cours d'eau, un lac, un réservoir, une source jaillissante ou un puits profond, on s'efforcera d'obtenir un échantillon représentatif de l'eau telle qu'elle est captée pour être distribuée aux usagers. Il est donc souhaitable de ne pas prélever les échantillons trop près de la rive ou en un point trop éloigné du point de captage ; lorsque le captage s'effectue au moyen d'un tube à flotteur, l'échantillon ne sera pas prélevé à une trop grande profondeur.

S'il s'agit d'un cours d'eau, on évitera les zones de relative stagnation.

Quand on opère dans un cours d'eau, un lac ou un réservoir, on peut souvent effectuer le prélèvement en tenant le flacon près de son fond et en le plongeant, le col incliné vers le bas, sous la surface de l'eau. Le flacon est ensuite renversé jusqu'à ce que le col soit plus haut que le fond, l'ouverture dirigée vers l'amont. Si l'eau est immobile (comme dans un réservoir), l'opérateur créera un courant artificiel en déplaçant le flacon horizontalement, ouverture en avant. S'il n'est pas possible de recueillir des échantillons en procédant ainsi, on peut lester le flacon par le fond, ce qui lui permettra de s'enfoncer dans l'eau. De toute façon, on évitera d'endommager la rive, afin de ne pas risquer de souiller l'eau. Lorsqu'il s'agit de prélever des échantillons en profondeur dans un lac ou dans un réservoir, on utilisera un dispositif spécial.

Pour prélever un échantillon dans un puits pourvu d'une pompe à main, l'eau sera pompée et éjectée pendant cinq minutes environ ; le bec sera stérilisé et il faudra ensuite faire fonctionner la pompe avant d'effectuer le prélèvement. Si le puits est pourvu d'une pompe mécanique, l'échantillon sera recueilli à un robinet préalablement stérilisé fixé sur le tuyau d'aspiration. S'il n'y a pas de dispositif de pompage, l'échantillon pourra être directement recueilli au moyen d'un flacon stérilisé lesté à la base, mais, dans ce cas, on veillera à éviter la contamination par l'écume superficielle.

Après le prélèvement, le flacon doit être lisiblement étiqueté et envoyé sans retard au laboratoire, accompagné d'une note portant tous les renseignements nécessaires.

La teneur des échantillons d'eau en coliformes et en *E. coli* peut se modifier entre le moment du prélèvement et celui de l'examen, mais on peut atténuer ces modifications en maintenant les échantillons au frais — de préférence dans de la glace — pendant le transport.[26, 27] Il importe donc que les échantillons soient analysés le plus rapidement possible et, en tout cas, dans les 6 heures qui suivent le prélèvement. Lorsqu'il est impossible de commencer l'analyse bactériologique dans ce délai, il y a lieu de mentionner ce fait dans le rapport d'analyse.

Lorsqu'il est probable que les échantillons ne pourront être remis rapidement au laboratoire, on pourra utiliser des camions-laboratoires, ou encore filtrer l'échantillon sur membrane soit au point de prélèvement, soit dans un laboratoire local sommairement équipé. Après filtration, la membrane peut être placée sur un tampon absorbant saturé d'un milieu de culture convenant pour le transport dans une boîte de Petri. Ce « milieu de transport » est un milieu de culture très dilué qui permet la survie des germes mais non pas le développement de colonies en 3 jours à température ambiante. Pour les expéditions postales à destination d'un laboratoire central, on utilisera de préférence des boîtes de Petri en polystyrène. Des délais de 3 jours ne produisent pas grande différence dans les numérations de coliformes et d'*E. coli*.

3. ANALYSE VIROLOGIQUE

Il est théoriquement possible que des maladies virales soient transmises par une eau qui ne renferme pas de coliformes, mais on ne possède aucune preuve concluante que cette transmission se soit déjà effectivement produite.

Aucune des méthodes admises pour le traitement des eaux d'égout n'aboutit à débarrasser les effluents de tout virus mais, d'après un certain nombre de chercheurs, le traitement par activation des boues serait supérieur au système des filtres percolateurs.[66]

On peut isoler des virus dans les eaux brutes et dans les eaux de source. On a trouvé dans l'eau des entérovirus, des réovirus et des adénovirus. De ces trois types, ce sont les entérovirus qui résistent le mieux à la chloration. On considère donc que si une eau chlorée ne contient pas d'entérovirus, elle peut être consommée sans danger. Il faut cependant faire quelques réserves en ce qui concerne le virus de l'hépatite infectieuse, car il n'a pas encore été isolé, mais, compte tenu de la morphologie et de la résistance des entérovirus, il est vraisemblable que, lorsque ceux-ci ont été inactivés, le virus de l'hépatite l'a été aussi.

Les eaux contenant du chlore *libre* sont généralement exemptes de virus s'il ne s'y trouve pas de coliformes. Par contre, dans les eaux dont la teneur en matières organiques est élevée — et où le chlore ne demeure donc pas à l'état *libre* — l'absence d'organismes coliformes n'implique pas forcément l'absence de virus.

Il existe une relation exponentielle entre le taux d'inactivation des virus et le potentiel d'oxydo-réduction. Un potentiel de 650 mV (mesuré entre électrode au platine et électrode au calomel) [53] entraîne l'inactivation presque instantanée de concentrations de virus même élevées. Ce potentiel peut être obtenu avec une concentration même faible de chlore *libre*, mais il faut une concentration extrêmement forte de chlore combiné pour le produire. [54, 55] En pratique, une dose de chlore *libre* de 0,5 mg/l pendant 1 heure suffit pour inactiver les virus même dans une eau initialement polluée ; on a également constaté qu'à la concentration de 0,4 mg/l, l'ozone libre provoque en 4 minutes l'inactivation des virus.[15, 16]

Il est raisonnable d'admettre qu'une eau dans laquelle on ne trouve même pas 1 unité formatrice de plage (plaque forming unit = PFU) par litre peut être consommée sans danger. A ce taux, il est toutefois nécessaire d'examiner un échantillon de l'ordre de 10 litres pour obtenir une estimation correcte du nombre des unités-plages. Or, ce genre d'analyse ne peut être effectué dans les laboratoires de contrôle habituels, mais il devrait y avoir dans chaque pays au moins un laboratoire capable d'effectuer les analyses virologiques et aussi d'approfondir les recherches en ce domaine.

Il ne serait, bien sûr, matériellement pas possible de procéder aux analyses virologiques aussi fréquemment qu'aux analyses bactériologiques, mais, dans les grandes collectivités qui utilisent une eau de surface ou une eau souterraine qui a besoin d'être traitée, la recherche des virus doit être effectuée à des intervalles qui dépendent des circonstances locales.

4. ANALYSE BIOLOGIQUE

L'analyse biologique de l'eau joue un rôle lorsqu'il s'agit de déterminer les causes des saveurs et odeurs désagréables et de contrôler les traitements appliqués pour corriger ces défauts, de faciliter l'interprétation des résultats de diverses analyses chimiques et de définir les causes du colmatage des canalisations de distribution et des filtres. Elle peut aussi servir dans certains cas à mettre en évidence le mélange de deux eaux d'origine différente.

Certains animalcules découverts dans les conduites se déplacent dans l'eau, mais d'autres, comme les *Dreissena* ou les *Asellus*, se fixent plus ou moins sur les parois intérieures des canalisations. Bien que ces animalcules ne soient pas en eux-mêmes pathogènes, ils peuvent héberger dans leurs intestins des virus ou des germes pathogènes qu'ils protègent ainsi de la destruction par le chlore.

Pour prélever des échantillons dans un réseau de distribution sous canalisation on peut utiliser les méthodes suivantes :

1. *Prélèvement d'échantillons au robinet* : on fera passer à travers une membrane filtrante une quantité d'eau importante ; après séchage, la membrane peut être rendue transparente au moyen d'huile à immersion et soumise à un examen microscopique direct. On peut aussi fixer à un robinet un dispositif filtrant spécial à travers lequel on fait passer une grande quantité d'eau ; on effectuera ensuite l'examen macroscopique et microscopique du dépôt.[81]

2. *Prélèvement d'échantillons dans les conduites* : on peut fixer à l'issue d'une borne-fontaine un filet en nylon ou un sac de coton de type spécial à travers lequel on fait couler l'eau abondamment, « rinçant » ainsi une section de la canalisation. On peut aussi, si l'on préfère, écouvillonner une partie de la canalisation avec un cylindre de matière plastique [44] ou encore utiliser un tube piézométrique spécial à trois branches.[48] Les débris trouvés dans le sac seront ensuite examinés macroscopiquement et microscopiquement.

Les résultats peuvent être exprimés en nombre de germes par unité de volume d'eau ou bien par unité de surface de canalisation, selon qu'il conviendra.

5. ANALYSE RADIOLOGIQUE

5.1 Taux de radioactivité dans l'eau de boisson

On met actuellement l'accent sur la nécessité d'identifier les cheminements critiques par lesquels la radioactivité libérée peut atteindre le groupe de personnes exposées à la plus forte dose d'irradiation. Cependant, les formules de surveillance normales doivent s'appuyer sur des normes opérationnelles valables pour la population en général, c'est-à-dire des concentrations.

Les taux de radioactivité indiqués ci-dessous sont tirés des recommandations de la Commission internationale de Protection radiologique (CIPR) sur la concentration maximale admissible dans l'eau (MPC_w) pour l'exposition professionnelle aux divers radio-éléments [40, 41, 42] en appliquant un coefficient de 1/100 dans le cas de l'exposition des gonades ou du corps entier afin d'adapter ces recommandations à l'usage des consommateurs d'eau potable dans la population en général.

Voici quels sont les taux proposés :

— Radioactivité alpha globale 3 pCi/l
— Radioactivité bêta globale 30 pCi/l

Ces taux sont applicables à la moyenne de toutes les radioactivités mesurées au cours d'une période de 3 mois. Toutefois, lorsqu'on a lieu de soupçonner une contamination radioactive importante de l'eau de distribution, il faut procéder à l'analyse radiologique d'échantillons. En outre, si l'on constate dans des échantillons isolés des valeurs anormalement élevées, une enquête doit être effectuée sans retard.

Les méthodes d'analyse des radioactivités alpha et bêta globales doivent être choisies en fonction des conditions locales, en coopération avec les autorités compétentes. Des modes opératoires pour la mesure des taux de radioactivité de radionucléides déterminés ont été publiés.[87]

La radioactivité de l'eau de boisson doit être maintenue au minimum, et c'est pourquoi il est recommandé de ne pas admettre sans discrimination le déversement de déchets radioactifs dans des sources qui seront utilisées pour l'approvisionnement en eau de boisson. Toutefois, les valeurs indiquées comprennent la radioactivité naturelle aussi bien que celle qui peut être passée dans l'eau par suite de retombées radioactives ou de l'utilisation de l'énergie atomique. Elles représentent un niveau au-dessous duquel l'eau peut être considérée comme potable sans qu'il soit besoin de procéder à des analyses radiologiques plus complexes. En ce qui les concerne, il faut tenir compte des considérations suivantes :

Radioactivité alpha. Avant de commencer l'analyse, il faut éliminer la radioactivité de ^{222}Rn et de ^{220}Rn par une bonne aération de l'échantillon d'eau. Il sera possible de connaître la valeur de leurs produits de filiation

de courte période, moyennant une seconde mesure effectuée après désintégration.

Une radioactivité alpha égale ou inférieure à 3 pCi/l est acceptable, et aucun examen complémentaire n'est nécessaire, même si cette radioactivité est tout entière imputable au ^{226}Ra. Par contre, si la radioactivité dépasse 3 pCi/l, il faut procéder à une radioanalyse selon le protocole suivant :

Radioactivité alpha globale en pCi/l a	*Protocole d'analyse*
3 à 10	1) On décomptera l'apport des produits de désintégration à courte période du ^{222}Rn et du ^{220}Rn. Si la radioactivité résiduelle demeure ensuite supérieure à 3 pCi/l : 2) On procédera à une radioanalyse portant sur le ^{226}Ra. Si la radioactivité de ^{226}Ra est inférieure à 3 pCi/l, il n'est pas nécessaire de pousser plus loin l'analyse, mais, si elle dépasse ce niveau, les résultats doivent être communiqués à l'autorité sanitaire compétente pour complément d'enquête.
Plus de 10	Une radioanalyse complète est nécessaire. Les résultats obtenus doivent être communiqués aux autorités sanitaires compétentes pour complément d'enquête.

Radioactivité bêta. Une radioactivité bêta égale ou inférieure à 30 pCi/l est acceptable sans autre examen, même si elle est tout entière imputable au ^{90}Sr. Mais si cette radioactivité dépasse 30 pCi/l, il faut procéder à une radioanalyse selon le protocole suivant :

Radioactivité bêta globale en pCi/l a	*Protocole d'analyse*
30 à 100	1) On décomptera l'apport du ^{40}K. Si l'activité résiduelle demeure ensuite supérieure à 30 pCi/l : 2) on procédera à une radioanalyse portant sur le ^{90}Sr. Si l'activité de ^{90}Sr est inférieure à 30 pCi/l, il n'est pas nécessaire de pousser plus loin l'analyse, mais si elle dépasse ce niveau, les résultats doivent être communiqués à l'autorité sanitaire compétente pour complément d'enquête.
100 à 1000	1) On décomptera l'apport du ^{40}K. 2) On procédera à une radioanalyse portant sur le ^{90}Sr et le ^{129}I. Si l'activité du ^{90}Sr est inférieure à 90 pCi/l et celle du ^{129}I inférieure à 100 pCi/l, il n'est pas nécessaire de pousser plus loin l'analyse ; par contre, si ces niveaux sont dépassés, les résultats devront être communiqués à l'autorité sanitaire compétente pour complément d'enquête.
Plus de 1000	Une analyse radiologique détaillée (dosage radiochimique du ^{90}Sr et spectroscopie gamma) est nécessaire. Les résultats doivent être communiqués à l'autorité sanitaire compétente pour complément d'enquête.

a Moyenne de toutes les analyses effectuées dans une période de trois mois.

Lorsque l'on soupçonne que l'eau peut contenir du ^{3}H provenant de retombées atmosphériques ou d'effluents de stations nucléaires, une analyse spéciale doit être effectuée à la recherche de ce radionucléide. Celui-ci ne peut être dosé par les techniques de mesure de la radioactivité bêta globale ; il est nécessaire d'utiliser des appareils spéciaux tels que des spectromètres à scintillateur liquide. Si l'on détecte la présence de tritium à des taux de 1000 pCi/l ou plus, les autorités sanitaires compétentes doivent être consultées.

5.2 Prélèvement des échantillons

La fréquence des prélèvements et les méthodes de collecte et d'analyse doivent être choisies aussi en fonction des fluctuations observées dans les taux de la radioactivité des différents éléments dans l'eau, de la proximité d'installations nucléaires et d'autres sources importantes de pollution radioactive, ainsi que du risque de contamination.

Beaucoup de radionucléides sont facilement adsorbés sur les surfaces et les particules solides. Il importe par conséquent de choisir avec soin les points de prélèvement dans le réseau de distribution et dans les sources d'alimentation, de façon que les échantillons soient représentatifs de l'eau que l'on veut examiner. Les échantillons destinés à l'analyse radiologique doivent être recueillis dans des bouteilles de polythène, de manière à réduire au minimum l'adsorption sur les parois des récipients. Le prélèvement sera d'un litre au moins, et l'échantillon devra être examiné aussi rapidement que possible afin qu'il puisse être tenu compte des éléments de courte période.

Il importe que chaque pays possède au moins un centre où puissent être effectuées les analyses radiologiques.

6. ANALYSES PHYSIQUE ET CHIMIQUE

6.1 Objet

L'étude des sources d'approvisionnement en eau fait largement appel à l'analyse chimique. Toutefois, le présent rapport traite avant tout des mesures à prendre pour protéger la santé des consommateurs d'eau amenée sous canalisation, et c'est pourquoi il est en grande partie orienté vers la détermination quantitative et qualitative des substances chimiques toxiques et de certaines substances dont la présence est indésirable dans l'eau distribuée sous canalisation. Alors qu'il est nécessaire de procéder à des analyses bactériologiques fréquentes afin de contrôler la salubrité de l'eau distribuée pour la boisson, les analyses chimiques peuvent être beaucoup plus espacées. La fréquence des analyses chimiques systématiques dépendra des circonstances locales. Cependant, le contrôle du traitement de l'eau exige en général des analyses fréquentes et la recherche d'une substance chimique isolée peut être très utile lorsque l'on veut découvrir une communication

accidentelle en un point donné du réseau de distribution. En vue d'assurer une plus grande uniformité des méthodes d'analyse générale des caractères physiques, chimiques et organoleptiques de l'eau, il a été établi une liste des épreuves qui sont couramment pratiquées et d'un certain nombre de méthodes recommandées pour ces épreuves.

6.2 Substances chimiques toxiques

Il existe un certain nombre de corps chimiques qui, s'ils sont présents dans l'eau de boisson en concentrations supérieures à un certain niveau, risquent selon toute vraisemblance d'être effectivement dangereux pour la santé. On trouvera au tableau 1 une liste de ces substances, de leurs concentrations, limites acceptables dans l'eau distribuée sous canalisation, ainsi

TABLEAU 1. LIMITES DE TOLÉRANCE DES SUBSTANCES TOXIQUES DANS L'EAU DE BOISSON

Substances	Concentration limite	Méthodes de dosage
Plomb (en Pb)	0,1 mg/l [a]	a) Polarographie [46] b) Spectrophotométrie d'absorption atomique [24, 72] c) Colorimétrie [3, 14, 34, 39, 73]
Arsenic (en As)	0,05 mg/l	a) Polarographie [46] b) Spectrophotométrie d'absorption atomique [24, 60, 72] c) Méthode de Gutzeit [3, 14, 39, 73]
Sélénium (en Se)	0,01 mg/l	Colorimétrie avec solution aqueuse de gomme arabique, chlorhydrate d'hydroxylamine, gaz sulfureux et acide bromhydrique concentré [3, 14]
Chrome (en Cr hexavalent)	0,05 mg/l	a) Spectrophotométrie d'absorption atomique — mesure du chrome total [24, 72] b) Colorimétrie [3, 14, 39, 73]
Cadmium [b] (en Cd)	0,01 mg/l	Dosage à la dithizone [3]
Cyanures (en CN)	0,05 mg/l	Parmi diverses méthodes, celles qui suivent sont les plus courantes et sont recommandées indifféremment : a) Titrage au moyen d'une solution ammoniacale diluée de nitrate d'argent, utilisant le diphényl-carbazide comme indicateur d'adsorption [79] b) Colorimétrie : conversion des cyanures en chlorures ou en bromures de cyanogène et combinaison du produit obtenu avec un composé amino-aromatique adéquat tel que la dimédone,[49] la pyrazolone,[3] ou l'acide sulfanilique [56] c) Colorimétrie : en solution légèrement alcaline, le sulfure d'ammonium jaune transforme les cyanures en thiocyanates, qui réagissent intégralement avec le fer (III) pour donner du thiocyanate ferrique [31, 56]

[a] La concentration limite du plomb (en Pb) dans l'eau du réseau doit être 0,1 mg/l. Certaines entreprises se servent cependant encore de canalisations en plomb et, dans ce cas, la teneur de l'eau en plomb peut augmenter à la suite d'un contact prolongé avec les conduites. Quoi qu'il en soit, la teneur de l'eau en plomb (en Pb) ne doit pas dépasser 0,3 mg/l après 16 heures de contact avec les canalisations. Si cette limite est régulièrement dépassée, il faut soit changer les canalisations, soit traiter l'eau. Il convient, par ailleurs, de ne pas oublier que le plomb est utilisé comme stabilisant dans certaines canalisations en matière plastique et risque de passer dans l'eau par lixiviation.

[b] Le cadmium figure ici, car celui que peuvent contenir les canalisations de matière plastique risque de passer en solution dans l'eau. Il en va de même du mercure et de l'étain, si bien que ces canalisations peuvent ainsi communiquer à l'eau une couleur et un goût désagréables.

que d'un certain nombre de méthodes recommandées pour les déceler et les doser.

Si la concentration de l'une quelconque de ces substances dépasse la limite indiquée, l'eau devra être déclarée impropre à la distribution sous canalisation.

Les limites de concentration des substances chimiques toxiques feront l'objet de révisions au fur et à mesure de l'acquisition de connaissances nouvelles sur leur toxicité dans l'eau de boisson.

En plus des substances indiquées, il en est d'autres, telles que le mercure, l'étain, la vanadium, le béryllium, le molybdène, l'argent, l'uranium et le thiocyanate, dont la présence devrait être contrôlée, mais sur lesquelles on possède actuellement trop peu de renseignements pour proposer des limites de concentration. Il est estimé que la concentration du baryum ne devrait pas dépasser 1,0 mg/l.[87]

Lorsque des substances chimiques — en particulier des substances nouvelles comme les polyélectrolytes — sont utilisées pour le traitement des eaux, il faut veiller à ce qu'aucun danger de toxicité ne résulte de leur utilisation.

6.3 Matières organiques extractibles

Les *Normes internationales pour l'Eau de Boisson*,[87] de même que les *United States Public Health Service Drinking-Water Standards*,[78] indiquent des concentrations limites pour l'extrait chloroformique sur charbon (ECC) dans le dessein de protéger le consommateur contre la présence de matières chimiques organiques mal définies, dont certaines peuvent être toxiques.

En Europe, on préfère l'extraction chloroformique sans emploi de charbon activé. Cette méthode ne permet pas de doser les mêmes substances que la méthode ECC et il y a là un point qui demande à être beaucoup plus amplement étudié. Il n'est pas possible, à l'heure actuelle, de proposer des concentrations limites pour les substances extraites par la méthode des solvants liquides, mais il est suggéré de s'en tenir pour le moment à des doses aussi voisines que possible de celles qui sont indiquées pour l'ECC dans les *Normes internationales pour l'Eau de Boisson* pour la concentration maximum acceptable et pour la concentration maximum admissible.

6.4 Hydrocarbures aromatiques polycycliques

Une variante de la méthode des solvants liquides mentionnée sous 6.3 ci-dessus, et dans laquelle on remplace le chloroforme par le benzène, est applicable au dosage des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP),[7] dont certains sont notoirement cancérogènes. Comme il est impossible d'effectuer une analyse de toutes ces substances, il est proposé de se limiter à 6 composés [le fluoranthène, le benzo-3,4 fluoranthène, le benzo-11,12

fluoranthène, le benzo-3,4 pyrène, le benzo-1,12 périylène, l'indéno(1,2,3-cd)pyrène] qui sont assez faciles à doser et peuvent être considérés comme représentatifs de l'ensemble du groupe.

La recherche systématique des HAP dans les eaux souterraines n'est pas nécessaire. Les méthodes classiques de traitement actuellement en usage ne permettent pas d'éliminer les faibles concentrations existantes qui ne mettent vraisemblablement pas en danger la santé de l'homme. En revanche, les HAP doivent être recherchés dans les eaux de surface traitées. Pour la sécurité du consommateur, leur concentration ne devrait pas dépasser 0,2 µg/l. La présence de concentrations supérieures est un signe de pollution résiduelle et d'insuffisance du traitement.

Chaque pays devrait disposer d'au moins un centre capable d'effectuer des titrages d'HAP dans l'eau de boisson. De plus amples recherches semblent nécessaires sur la présence et l'importance de ces produits dans l'eau de boisson.

6.5 Pesticides

Les pesticides font l'objet d'une étude permanente grâce à des réunions communes du Comité OMS d'experts des Résidus de Pesticides et du Groupe d'experts FAO de l'Emploi des Produits antiparasitaires en Agriculture. La notion de dose journalière acceptable (DJA) sert de principe directeur pour l'évaluation toxicologique des résidus de pesticides.[89, 90] Un certain nombre de résidus ont été étudiés sur cette base en 1965, 1966 et 1967, et les résultats de cette étude ont été publiés dans des monographies de la FAO et de l'OMS.

Bien que la notion de DJA s'applique principalement au dosage des résidus dans les denrées alimentaires, il faut réserver une petite marge pour tenir compte de la contamination éventuelle d'autres sources d'apport par le milieu ambiant. On peut admettre que les résidus susceptibles de s'accumuler dans l'eau de boisson par suite de l'emploi de pesticides selon les bonnes pratiques agricoles ne représentent qu'une fraction minime de l'apport journalier.

La contamination des eaux souterraines ou de surface par les pesticides peut avoir plusieurs causes : introduction directe intentionnelle (par exemple pour la destruction de plantes nuisibles ou d'insectes), décharge d'eaux usées industrielles ou de restes de liquides utilisés pour les pulvérisations, contamination accidentelle d'une source de surface, percolation ou lixiviation par les eaux de pluie d'un terrain agricole traité.

La contamination de l'eau par les pesticides doit être prévenue dans toute la mesure du possible, non seulement en raison de la toxicité directe que ces substances peuvent avoir pour l'homme, mais aussi à cause de leur influence sur la biocénose aquatique et de leur accumulation possible dans la chaîne alimentaire. C'est pourquoi des mesures préventives de grande envergure doivent être recommandées pour les zones de captage, les cours d'eau servant à l'alimentation des réseaux de distribution et les eaux souterraines. Malgré

tous les dispositifs de protection déployés, la contamination des sources d'eau de boisson par les cheminements signalés plus haut est encore assez fréquente.

De très faibles concentrations de certains pesticides provoquent des modifications organoleptiques de l'eau, au point de la rendre impropre à la consommation même en l'absence de toutes propriétés toxiques connues. Les méthodes classiques de traitement ne permettent pas d'exclure tous les résidus de pesticides, mais certains d'eux peuvent être éliminés par des procédés spéciaux.

Chaque pays devrait disposer d'au moins un centre capable d'effectuer des recherches sur les résidus de pesticides dans l'eau de boisson.

6.6 Recherche des substances chimiques dont la présence est indésirable dans l'eau de boisson distribuée sous canalisation

L'eau de boisson distribuée sous canalisation contient parfois certaines substances chimiques qui, sans constituer un danger pour la santé des consommateurs, peuvent néanmoins présenter divers inconvénients lorsqu'elles sont présentes en quantités excessives. Le tableau 2 donne la liste de ces substances, et indique la nature de leurs effets possibles, la concentration approximative au-delà de laquelle ces effets risquent de se produire et diverses méthodes conçues pour leur recherche et leur dosage. Toutes les méthodes indiquées dans la douzième édition des *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* [3] peuvent être considérées comme satisfaisantes.

TABLEAU 2. SUBSTANCES DONT LA PRÉSENCE EN QUANTITÉS EXCESSIVES DANS L'EAU DE BOISSON PEUT PRÉSENTER DES INCONVÉNIENTS

Substance	Nature des effets possibles	Concentration approximative au-delà de laquelle les effets risquent de se produire	Méthodes de dosage
Composés phénoliques (en phénol)	Goût désagréable, notamment dans les eaux chlorées	Moins de 0,001/mg/l [a]	Colorimétrie, de préférence après distillation à : a) à l'acide sulfanilique diazoté [39] b) à l'indophénol [39] c) à l'amino-4 antipyrine [3] d) à la *p*-nitraniline [34]
Fluorures (en F)	Fluorose	Voir tableau 3	a) Colorimétrie au réactif zirconium-alizarine. Les facteurs gênants (couleur, turbidité, chlore, phosphates) seront éliminés ou l'échantillon sera préalablement distillé [3, 39] b) Méthode électrochimique — électrode Orion [19] c) Méthode colorimétrique SPADNS [3]

TABLEAU 2 *(suite)*

Substance	Nature des effets possibles	Concentration approximative au-delà de laquelle les effets risquent de se produire	Méthodes de dosage
Nitrates (en NO_3)	Danger de méthémoglobinémie infantile si l'eau est consommée par des nourrissons	Recommandée : moins de 50 mg/l Acceptable : de 50 à 100 mg/l Déconseillée : plus de 100 mg/l *b*, *c*	a) à l'acide phénoldisulfonique [3, 14, 20] b) à la brucine [3, 20, 81, 86] c) Réduction par le couple zinc-cuivre, puis dosage de l'ammoniaque au réactif de Nessler, soit directement soit après distillation [39] d) Méthode à l'acide salicylique [34]
Cuivre (en Cu)	Saveur astringente Coloration parasite Corrosion des canalisations, des joints et des ustensiles	0,05 mg/l à la station de pompage ; 3,0 mg/l après 16 heures de contact avec des canalisations neuves	a) Spectrophotométrie d'absorption atomique [24, 72] b) Colorimétrie au diéthyldithiocarbamate [14, 34, 39] c) au cupréthol d) à la bathocupréine [3]
Fer (total, en Fe)	Goût désagréable Coloration parasite Dépôts et prolifération des ferrobactéries Turbidité	0,1 mg/l à l'entrée de l'eau dans le réseau *c*, *d*	Colorimétrie : a) à la phénanthroline [3, 14, 73] b) au thiocyanate [39, 73] c) au dipyridyle [59, 73] d) réduction des sels ferriques et formation d'un complexe fer-diméthylglyoxime [51, 86] e) méthode à l'acide thyoglycolique [81]
Manganèse (en Mn)	Goût désagréable Coloration parasite Dépôts dans les canalisations Turbidité	0,05 mg/l	Colorimétrie : a) au persulfate [3, 34, 39] b) au periodate [3, 14] c) spectrophotométrie d'absorption atomique [24, 72]
Zinc (en Zn)	Saveur astringente Opalescence et dépôts granuleux dans les canalisations	5,0 mg/l	a) Colorimétrie à la dithizone [3, 13, 34] b) Microtitrage au ferrocyanure de potassium [45] c) spectrophotométrie d'absorption atomique [24, 72]
Magnésium (Mg)	Dureté Goût désagréable	Pas plus de 30 mg/l si l'eau contient 250 mg/l de sulfate ; s'il y a moins de sulfate, la tolérance pour Mg peut atteindre 125 mg/l	a) au versénate (EDTA) : précipitation du calcium sous forme d'oxalate et dosage du magnésium dans le surnageant en présence de noir Eriochrome T indicateur [6, 14, 50, 56] (Voir une autre méthode au versénate aux références [6, 14, 34]) b) spectrophotométrie au jaune thiazole [14, 73] c) spectrophotométrie d'absorption atomique [24, 72]
Sulfates (en SO_4)	Irritation gastro-intestinale s'il y a association avec le magnésium ou le sodium	250 mg/l	a) au versénate (EDTA) [56, 81] b) gravimétrie en passant par le sulfate de baryum [3, 14, 34, 39]

TABLEAU 2 *(suite)*

Substance	Nature des effets possibles	Concentration approximative au-delà de laquelle les effets risquent de se produire	Méthodes de dosage
Hydrogène sulfuré (en H_2S) [e]	Goût et odeur désagréables	0,05 mg/l	Colorimétrie à la para-aminodiméthylaniline et au chlorure de fer (III) [3]
Chlorures (en Cl)	Goût désagréable Corrosion des canalisations d'eau chaude	200 mg/l Cette limite peut être dépassée dans certaines conditions, mais la concentration ne devra en aucun cas être supérieure à 600 mg/l	a) au moyen d'une solution étalonnée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium indicateur [2, 14, 34, 39] b) Colorimétrie [71] c) Titrage au moyen de nitrate mercurique à pH 3,1 environ, en présence de diphénylcarbazone et de bleu de bromophénol indicateurs [14]

[a] Cette limite se justifie actuellement par le fait qu'elle est suffisamment basse pour que les composés phénoliques ne donnent pas un goût désagréable à l'eau chlorée. La teneur de l'eau en composés phénoliques sera suivie de près, car certains de ces composés peuvent devenir toxiques lorsqu'ils sont ingérés pendant une longue période.

[b] Une eau dont la teneur en nitrates reste dans les limites acceptables peut ne donner lieu à aucun inconvénient si elle est, d'autre part, chimiquement et bactériologiquement pure; cependant, les médecins de la région devraient être informés de la possibilité d'apparition de cas de méthémoglobinémie infantile. Il est indispensable de mieux s'informer des conditions exactes dans lesquelles la méthémoglobinémie infantile se déclare, ainsi que sur le mécanisme de son déclenchement.

[c] Il est conseillé de prélever un échantillon spécial pour le dosage des nitrates et du fer. Cet échantillon sera « fixé » par addition, au moment du prélèvement, de 1 ml d'acide sulfurique concentré par litre d'eau. Voir également la note [a] du tableau 4.

[d] Dans certaines petites installations où l'élimination du fer serait trop onéreuse, ou lorsque le fer se trouve dans l'eau sous une forme stable, on peut tolérer une teneur maximale de 0,3 mg/l.

[e] Il est recommandé d'effectuer ce dosage aussitôt que possible après le prélèvement de l'échantillon.

Si l'une quelconque de ces substances est décelée dans l'eau des canalisations de distribution en concentration supérieure aux limites mentionnées dans le tableau, toutes les mesures possibles devront être prises pour ajuster la concentration comme il convient.

6.6.1 *Fluorures*

L'effet des fluorures sur la santé dépend de la quantité d'eau consommée [a]. Par conséquent, leur concentration admissible dans l'eau de boisson devra être établie par rapport à la température moyenne maximale de la zone considérée.

---

[a] La Vingt-Deuxième Assemblée mondiale de la Santé, réunie à Boston, Mass., Etats-Unis d'Amérique, en 1969, a, dans sa résolution WHA22.30 sur la fluoration et l'hygiène dentaire, recommandé que « les Etats Membres étudient la possibilité d'instituer et, dans tous les cas où cela est possible, instituent la fluoration de l'eau fournie aux collectivités en tant que mesure de santé publique éprouvée lorsque les quantités de fluor absorbées par la population intéressée avec l'eau et les autres composants du régime alimentaire sont inférieures au niveau optimal ; ou, si la fluoration des approvisionnements publics en eau n'est pas praticable, d'étudier d'autres méthodes d'utilisation du fluor comme moyen d'hygiène dentaire ».

Le tableau 3, dont les chiffres sont extraits de l'édition de 1962 des *United States Public Health Service Drinking-Water Standards*,[78] indique les limites de sécurité recommandées pour la concentration des fluorures (en F) dans l'eau de boisson pour diverses valeurs de la moyenne annuelle des températures diurnes maximales de l'air, cette moyenne devant être calculée sur un minimum de 5 ans.

TABLEAU 3. LIMITES DE SÉCURITÉ RECOMMANDÉES POUR LA TENEUR DE L'EAU DE BOISSON EN FLUORURES

Moyenne annuelle des températures diurnes maximales de l'air, en °C	Limites de sécurité recommandées pour la teneur en fluorures (en F) en mg/l	
	inférieure	supérieure
10,0 – 12,0 *a*	0,9	1,7
12,1 – 14,6 *b*	0,8	1,5
14,7 – 17,6 *b*	0,8	1,3
17,7 – 21,4 *c*	0,7	1,2
21,5 – 26,2 *c*	0,7	1,0

a Valable en général pour l'Europe du Nord.
b Valable en général pour l'Europe centrale.
c Valable en général pour l'Europe méridionale.

6.6.2 *Autres substances dont la concentration devrait, de préférence, être contrôlée*

Des indications analogues à celles données au tableau 2 pour les substances dont la présence en quantités excessives peut présenter des inconvénients sont données au tableau 4 pour certaines substances dont la concentration dans l'eau de boisson distribuée sous canalisation devrait, de préférence, être contrôlée. Les détersifs anioniques ont été inclus dans ce tableau ; en revanche, les détersifs non ioniques n'y figurent pas, mais leur présence et leur importance dans l'eau de boisson devraient faire l'objet de plus amples recherches.

6.7 Analyse générale pour la détermination des caractères physiques, chimiques et organoleptiques de l'eau

Bien que le présent rapport traite essentiellement du contrôle de la salubrité de l'eau de boisson distribuée sous canalisation, il a été jugé bon d'y incorporer la série des tests couramment pratiqués pour la détermination des caractères physiques, chimiques et organoleptiques de l'eau et d'indiquer un certain nombre de méthodes préconisées pour ces tests.

TABLEAU 4. SUBSTANCES DONT LA CONCENTRATION DANS L'EAU DE BOISSON DEVRAIT, DE PRÉFÉRENCE, ÊTRE CONTRÔLÉE

Substances	Nature des effets possibles	Concentration approximative au-delà de laquelle les effets risquent de se produire	Méthodes de dosage
Détersifs anioniques *a*	Goût désagréable et formation de mousse	0,2 mg/l	Extraction au bleu de méthylène [3, 52]
Ammoniaque (en NH_4)	Prolifération d'organismes, risque de corrosion des canalisations Difficultés de chloration	0,05 mg/l *b*	a) Réaction de Nessler après distillation [3, 39] b) Réaction de Nessler directe [34, 81] c) Réaction de Nessler après traitement par le sulfate de zinc et l'hydroxyde de sodium [3]
Anhydride carbonique libre (en CO_2)	Dégâts aux canalisations Danger de dissolution de métaux toxiques	Pour l'anhydride carbonique agressif, zéro *c*	a) Titrage au carbonate de sodium, en présence de phénolphtaléine comme indicatrice [39] b) Pour l'anhydride carbonique agressif dans les eaux dures : test du marbre, au moyen de carbonate de calcium en poudre [20, 30]
Oxygène dissous *d*	Goût et odeur désagréables Corrosion Prolifération d'organismes Si la concentration d'oxygène dissous est inférieure à 5 mg/l, la formation d'un dépôt protecteur dans les canalisations sera entravée et tout l'anhydride carbonique libre d'une eau non agressive sera susceptible de corroder les conduites de fonte ou d'acier	De préférence un minimum de 5 mg/l *e*	a) électrométrique [22] b) de Winkler ou une de ses variantes [3, 14, 34, 39]
Dureté totale	Dépôt calcaire excessif Danger de dissolution des métaux lourds si le degré de dureté est inférieur à la limite recommandée	Entre 2 et 10 mEq/l (100 à 500 mg/l de $CaCO_3$) *f*	a) au versénate (EDTA) en présence de noir Eriochrome T indicateur [3, 34, 39, 59] (voir aussi référence [75]) b) calcul à partir de la teneur en cations calcium et magnésium et autres responsables de la dureté de l'eau lorsque leur quantité est notable [3]

a Les substances de référence utilisées varient selon les pays.

b Cette limite peut être exceptionnellement dépassée dans le cas d'eaux souterraines profondes contenant du fer.

c Le dosage du dioxyde de carbone libre doit de préférence être effectué sur place. S'il n'est

Un grand nombre de tests dont il va être question ci-après n'ont pas directement trait à la salubrité de l'eau destinée à l'alimentation publique ; ils ont pour objet de déterminer si l'utilisation de cette eau est agréable, si l'eau peut convenir pour une distribution sous canalisation, et comment l'entreprise de distribution peut contrôler le traitement éventuellement appliqué à l'eau distribuée. Des variations considérables de la teneur de l'eau en matières organiques, en azote protéique, en nitrites et en phosphates — ainsi qu'en ammoniaque et en nitrates — doivent néanmoins signaler à l'attention la possibilité d'une pollution. Dans certaines conditions, la recherche d'une substance chimique isolée — par exemple chlorure ou sulfate — dans un échantillon tiré du réseau de distribution pourra être très utile pour mettre en évidence le mélange d'une eau extérieure à l'eau du réseau — par suite notamment d'une connexion accidentelle. Une analyse de ce genre pourra donner des résultats concluants en quelques minutes.

Il ne sera pas nécessaire d'effectuer tous les examens indiqués toutes les fois qu'il sera procédé à l'analyse chimique d'une eau d'alimentation ; toutefois, il est suggéré de procéder, lors de l'analyse chimique courante (sommaire) de l'eau distribuée par canalisation, aux dosages suivants — dont certains sont indiqués au tableau 2, d'autres au tableau 4, et d'autres encore au tableau 5 : aspect, couleur, odeur, saveur, température, alcalinité au méthylorange, ammoniaque, nitrites, nitrates, chlorures (et, si l'eau a été chlorée, la teneur en chlore résiduel libre et total) ainsi qu'éventuellement azote protéique et fer. Il ne sera probablement nécessaire de procéder que bien moins souvent aux autres tests indiqués dans les tableaux, dont la fréquence dépendra dans une certaine mesure des conditions locales. Mais en tout état de cause, lorsqu'il est envisagé d'utiliser une nouvelle source pour l'alimentation d'un réseau de distribution, il est nécessaire d'effectuer la série complète d'analyses. Le dosage des matières solides totales est utile lors de l'analyse initiale d'une eau, en vue de déterminer sa valeur pratique comme source d'alimentation en eau de boisson, mais il ne semble pas nécessaire d'y avoir recours pour l'analyse chimique courante de l'eau.

Il y a lieu d'espérer que les méthodes recommandées au tableau 5 et les modes d'expression suggérés contribueront à assurer la comparabilité des résultats obtenus.

---

pas possible, on prélèvera un échantillon spécial ; le flacon sera rempli à ras bord et conservé dans la glace jusqu'au moment de l'analyse.

d Pour toutes les substances considérées dans ce tableau, à l'exception de l'oxygène dissous, les taux de concentration sont ceux qui ne doivent pas être dépassés. Pour l'oxygène dissous, la concentration donnée représente le taux minimal conseillé.

e Ce test exige un échantillon spécial, que l'on prélèvera dans un flacon de 200 à 300 ml, à col étroit, bouché hermétiquement à l'émeri. Si l'échantillon est pris à un robinet, l'eau doit être amenée par un tube de verre au fond du flacon et il faut la laisser couler et déborder pendant deux à trois minutes avant bouchage du flacon. Lorsque l'échantillon est prélevé dans un cours d'eau ou un réservoir, il faut, au moyen d'un dispositif approprié, que l'eau soit renouvelée à plusieurs reprises dans le flacon. Il convient de « fixer » l'oxygène libre de l'échantillon immédiatement après le prélèvement.[3, 20, 34] On notera la température de l'eau en degrés Celsius au moment du prélèvement.

f Il est recommandé d'exprimer la durée en milliéquivalents d'ion-dureté par litre (unités de dureté). Un milliéquivalent d'ion-dureté par litre = 50 mg/l de $CaCO_3$ = 5,0 degrés de dureté français = 2,8 (environ) degrés de dureté allemands = 3,5 (environ) degrés de dureté anglais.

TABLEAU 5. MÉTHODES DE DÉTERMINATION DES CARACTÈRES PHYSIQUES, CHIMIQUES ET ORGANOLEPTIQUES DE L'EAU

Des variations considérables de la teneur en matières organiques, azote protéique, nitrites et phosphates (substances qui ont été placées en haut du tableau, avec le chlore résiduel), ainsi que de la teneur en ammoniaque (tableau 4), en nitrates et en chlorures (tableau 2) doivent signaler à l'attention la possibilité d'une pollution.

Substances ou propriétés	Méthodes de dosage ou d'appréciation	Expression des résultats
Matières organiques *a* (oxydabilité)	Il est recommandé d'employer une méthode en milieu acide au permanganate de potassium et de porter l'échantillon au bain-marie à 100°C pendant 30 minutes.*b* Dans certains pays, on opère en milieu acide en portant l'échantillon à 100°C pendant 10 ou 20 minutes, ou bien l'on effectue l'épreuve en milieu alcalin. Dans d'autres pays encore, on opère en milieu acide à 27°C pendant 4 heures.[39]	Quantité d'oxygène consommée en mg/l. Indiquer la durée et la température *c*
Azote protéique	Après distillation de l'ammoniaque libre (voir tableau 4), ajouter à l'eau qui demeure dans le ballon une solution de permanganate alcalin. Distiller et recueillir les diverses fractions du distillat ; doser l'azote par la réaction de Nessler en comparant avec les étalons.[3, 39]	N en mg/l
Nitrites *a*	a) Colorimétrie à l'acide sulfanilique et au chlorhydrate de naphtylamine [3] ou à l'α-naphtylamine [34] b) à l'acide naphtylamine-1-sulfonique [18]	NO_2 en mg/l
Phosphates *d* : orthophosphates	a) Colorimétrie au molybdate d'ammonium et au chlorure stanneux [3, 34, 39] ou à l'étain en feuilles b) Colorimétrie au molybdate d'ammonium et à l'acide aminonaphtolsulfonique [3] c) au phosphomolybdate de vanadium [2] d) de Murphy et Riley [61] e) d'Edwards, Molof & Schneeman [23]	PO_4 en mg/l
orthophosphates et polyphosphates	au phosphomolybdate de vanadium [1]	PO_4 en mg/l
phosphates totaux, orthophosphates et polyphosphates	Porter à ébullition avec un acide concentré, neutraliser, puis appliquer les méthodes a) ou b) mentionnées ci-dessus [3]	PO_4 en mg/l
Chlore résiduel *e*, *f*	Doser le chlore résiduel libre et le chlore résiduel total [62] a) à l'arsénite et à l'ortho-tolidine.*g* On peut ainsi doser le chlore résiduel libre et le chlore résiduel combiné et évaluer la coloration due à la présence de substances parasites [3] b) à l'ortho-tolidine en solution acide.*g* Cette méthode permet d'évaluer le chlore résiduel libre et le chlore résiduel total c) à la diéthyl-para-phénylène-diamine [63] d) par décoloration du méthylorange, pour déterminer le chlore résiduel libre [58, 77] e) Ampérométrie. Elle permet d'évaluer le chlore résiduel libre et le chlore résiduel combiné [3] f) Iodométrie du chlore résiduel total [3, 39]	Cl_2 en mg/l

Notes a, b, c, d, e, f, g, h, i, voir page 46.

TABLEAU 5 *(suite)*

Substance ou propriété	Méthodes de dosage ou d'appréciation	Expression des résultats
Turbidité	a) Turbidimétrie. Mesures visuelles ou photoélectriques[3, 34, 39] b) Comparaison avec une gamme d'étalons en flacons [3]	Unités de turbidité [3], échelle d'opacité à la silice ou étalon formazine [22]
Couleur	a) Comparaison avec des étalons au platino-cobalt [3, 34, 39] b) Comparaison avec des disques étalons de verre coloré [3, 39] c) Méthode de Burgess au bichromate de potassium et au sulfate de cobalt [61]	Echelle au platino-cobalt Hauteur en millimètres de la colonne d'une solution colorée étalon. Divisé par 2,2, ce chiffre équivaut approximativement à l'indication de l'échelle au platino-cobalt
Odeur	Détermination à froid et à chaud, sur plusieurs dilutions [3]	Termes descriptifs ou lettre de code, selon les **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater** [3]
Saveur	Détermination à une température d'au moins 16°C à diverses dilutions [65]	Termes descriptifs, indiquant la dilution correspondant au seuil de perception
Température *e*	A relever au moment du prélèvement [3]	A 0,1°C près
pH *e*	a) Mesure au pHmètre électrique à électrodes de verre [3, 34, 39] b) Emploi de solutions indicatrices dans un comparateur. Méthode utile pour l'évaluation préliminaire sur place [34, 39]	A 0,1 près
Conductivité (ou résistivité) électrique	Emploi du pont de Wheatstone à 20°C [34, 39]	µS/cm (ou mégohm/cm) *h*
Alcalinité totale *i*	Titrage au moyen d'une solution étalonnée d'acide sulfurique ou d'acide chlorhydrique, en présence de méthylorange ou de phénolphtaléine comme indicateurs [3, 34]	mEq/l (c'est-à-dire millilitres 1 N d'acide ou mg de $CaCO_3$ par litre)
Bicarbonates	a) Calcul d'après le taux d'alcalinité [3, 34] b) Calcul d'après le pH et la teneur totale en dioxyde de carbone [4] c) Au moyen de nomogrammes, d'après la température, le pH et les solides totaux [3]	
Carbonates	a) Calcul d'après l'alcalinité [3, 34] b) Titrage au moyen d'une solution étalonnée d'acide chlorhydrique avec et sans adjonction d'une solution de chlorure de baryum [47] c) Calcul d'après le pH et la teneur totale en dioxyde de carbone [4] d) Au moyen de nomogrammes, d'après la température, le pH et les solides totaux [3]	CO_3 en mg/l

TABLEAU 5 *(suite)*

Substance ou propriété	Méthodes de dosage ou d'appréciation	Expression des résultats
Ion oxhydryle	a) Calcul d'après le taux d'alcalinité [3, 34] b) Titrage au moyen d'une solution étalonnée d'acide chlorhydrique ou d'acide sulfurique, en présence de chlorure de strontium et de phénolphtaléine indicatrice [5] (Voir aussi référence [20]) c) Au moyen de nomogrammes, d'après la température, le pH et les solides totaux [3]	OH en mg/l
Calcium	a) Méthode au versénate (EDTA), en présence de murexide indicateur [3, 14, 34, 39, 50] b) Volumétrie : précipitation du calcium sous forme d'oxalate, dissolution dans l'acide sulfurique et titrage au moyen d'une solution étalonnée de permanganate de potassium [3, 14, 34, 39] c) Gravimétrie : précipitation du calcium par l'oxalate d'ammonium, puis calcination et pesée de l'oxyde de calcium [3, 14, 34] d) Spectrophotométrie d'absorption atomique [24, 72]	Ca en mg/l
Aluminium	a) Colorimétrie à l'« aluminon » (aurine-tricarboxylate d'aluminium) [3, 14, 73] b) Colorimétrie à l'hématoxyline [39]	Al en mg/l
Sodium	Spectrophotométrie de flamme exigeant l'emploi d'étalons [3]	Na en mg/l
Potassium	a) Spectrophotométrie de flamme exigeant l'emploi d'étalons [3] b) Colorimétrie au cobaltinitrite de sodium, à l'acide sulfurique et au bichromate de potassium [3]	K en mg/l
Silice totale	a) Mesure colorimétrique ou spectrophotométrique de la coloration jaune obtenue par formation de silico-molybdate d'ammonium [3, 14, 34, 39] b) Gravimétrie à l'acide chlorhydrique, avec ou sans acide perchlorique [3, 14, 34]	SiO_2 / en mg/l

a Il est bon de prélever un échantillon spécial pour le dosage des matières organiques oxydables et des nitrites. Cet échantillon sera « fixé » par addition, au moment du prélèvement, de 1 ml d'acide sulfurique concentré par litre d'eau. Voir également la note *c* du tableau 2.

b Le dosage des matières organiques au bichromate, [3] de même que la mesure du carbone organique total, [33] de la demande biochimique d'oxygène [3, 39] et de l'azote total sont autant de moyens utiles pour l'analyse des eaux usées et de certaines eaux brutes, mais ce sont des procédés inapplicables à l'eau de boisson.

c La concentration des solutions est également importante. Pour obtenir des résultats comparables, il faut procéder par des techniques identiques.

d Dans le dosage des phosphates, il ne faut pas oublier que des polyphosphates ont pu être ajoutés à l'eau pour l'adoucir. L'innocuité de ces substances n'est pas universellement reconnue ; de plus, elles sont susceptibles d'éliminer la couche protectrice des canalisations de plomb. Le rejet dans les lacs et les cours d'eau de grandes quantités de phosphates peut provoquer une croissance excessive d'algues.

e Il est recommandé que ces analyses soient pratiquées, autant que possible, au moment du prélèvement.

f Nombre d'installations sont maintenant dotées d'un enregistreur automatique du chlore résiduel.

g Dans certains pays, la fabrication et l'emploi de l'ortho-tolidine sont interdits.

h L'unité de conductivité électrique, le µS/cm, est l'inverse de l'unité de résistivité électrique, le mégohm/cm.

i Il est extrêmement utile d'enregistrer séparément l'alcalinité à la phénolphtaléine et au méthylorange en millilitres d'acide étalon.

On trouvera à l'annexe 1 des formules pour les rapports sur les résultats d'une analyse chimique courante sommaire et d'une analyse chimique complète.

6.8 Prélèvement des échantillons destinés à l'analyse chimique

6.8.1 *Fréquence des prélèvements*

Alors qu'il est nécessaire de procéder à des analyses bactériologiques fréquentes pour contrôler la salubrité de l'eau distribuée sous canalisation les analyses chimiques peuvent être beaucoup plus espacées.

Il est recommandé de procéder à la recherche des substances toxiques — tableau 1 — au moins une fois par an ; les analyses seront plus fréquentes lorsqu'il est notoire que l'eau d'alimentation contient certaines substances toxiques en quantités inférieures à la limite de tolérance, ou lorsque les circonstances les justifient, par exemple si des industries nouvelles qui peuvent évacuer des déchets toxiques se sont implantées dans la région.

Une analyse chimique complète sera effectuée une fois par an pour toutes les adductions d'eau par canalisation. Des analyses chimiques sommaires — voir 6.7 — seront effectuées une fois par mois lorsque le réseau dessert plus de 50 000 habitants, et deux fois par an lorsque la population desservie est moindre. Bien entendu, des analyses chimiques plus fréquentes peuvent être nécessaires pour le contrôle des diverses opérations de traitement de l'eau.

La mise en service de nouvelles sources d'alimentation du réseau (nouveaux captages) obligera à des analyses chimiques fréquentes, tant pour la recherche des substances toxiques que pour déterminer les propriétés chimiques générales de l'eau. La fréquence de ces analyses dépendra des conditions locales.

6.8.2 *Prélèvement, transport et conservation des échantillons*

Pour certains dosages, des échantillons spéciaux sont nécessaires : ils sont indiqués dans les tableaux 2, 4 et 5, en regard du test considéré.

Pour l'analyse chimique générale, il est nécessaire de prélever un échantillon d'au moins 2 litres ; l'eau sera recueillie dans un flacon chimiquement propre, en verre de bonne qualité (neutre) pratiquement incolore, et pourvu d'un bouchon rodé à l'émeri ou de matière plastique doublée de polythène. Avant d'être rempli, le flacon sera d'abord rincé trois fois au moins avec l'eau à prélever. Dans certains cas, en particulier pour l'expédition des échantillons par avion, on peut remplacer les flacons de verre par des flacons de polythène.

En prenant des échantillons destinés à l'analyse chimique, on respectera les recommandations générales formulées plus haut à propos des prélève-

ments pour l'analyse bactériologique. Il ne sera toutefois pas nécessaire de stériliser les robinets ou becs de pompe, à moins qu'on ne prélève en même temps des échantillons pour l'analyse bactériologique. Autant que possible, les échantillons d'eau destinés à un examen chimique devront être prélevés par un échantillonneur expérimenté, car le résultat des analyses dépend dans une large mesure du soin apporté aux prélèvements.

Les échantillons seront remis au laboratoire aussi rapidement que possible et conservés au frais pendant le transport. L'analyse chimique sera entreprise aussitôt que possible après ; en aucun cas le délai ne devra dépasser 72 heures.

Annexe 1

MODÈLES DE BULLETINS D'ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE ET CHIMIQUE DE L'EAU

Les bulletins ci-après sont destinés à l'établissement des rapports sur les analyses bactériologique et chimique d'un échantillon d'eau. D'autres formules peuvent être nécessaires pour les rapports sur des analyses répétées d'échantillons provenant d'une même source, ou pour la comparaison des résultats d'analyses effectuées avant et après traitement.

On admet que les méthodes d'analyse utilisées sont celles que recommande le présent rapport. Exception faite de la température, les rapports d'analyse ne mentionnent aucune des mesures physico-chimiques à effectuer lors du prélèvement, ni de celles pour lesquelles il est essentiel de « fixer » l'échantillon au moment du prélèvement. Ces renseignements figurent dans les tableaux contenus dans le corps du rapport.

Dans les résultats de l'analyse chimique, il convient de n'utiliser des notations telles que « néant », « traces », « présent » que pour les tests qualitatifs.

Lorsqu'une analyse chimique quantitative donne des valeurs inférieures au seuil de sensibilité de la méthode utilisée, il y a lieu d'exprimer les résultats par la mention « inférieur(s) au seuil de sensibilité ».

MODÈLE DE BULLETIN D'ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE DE L'EAU

(Nom et adresse du laboratoire)
Rapport d'analyse bactériologique de l'eau

Nom et adresse de l'expéditeur :

Numéro de référence de l'expéditeur :
Numéro de référence du laboratoire :

Nature de l'échantillon :

Date et heure du prélèvement :
Date et heure de l'arrivée de l'échantillon au laboratoire :
Date et heure du début de l'analyse :

RÉSULTATS [a]

Numération des colonies { Durée d'incubation . . . . . / Température d'incubation . . . . . / Milieu utilisé . . . . . } . . . . . /ml

MPN [b] de coliformes . . . . . /100 ml

MPN [b] d'*Escherichia coli* . . . . . /100 ml

MPN [b] de streptocoques fécaux . . . . . /100 ml

MPN de *Cl. perfringens* . . . . . /100 ml

Rapport établi le :

Résultats communiqués par téléphone le :

Observations :

Signature :

[a] Bien que l'analyse ne doive normalement porter que sur les coliformes et *E. Coli*, les blancs nécessaires à l'enregistrement des résultats d'autres examens ont été ménagés, pour parer à toute éventualité.

[b] Quand on opère par filtration sur membrane, il y a lieu de remplacer MPN par « Nombre de colonies de ».

MODÈLE DE BULLETIN D'ANALYSE CHIMIQUE SOMMAIRE DE L'EAU

Nom et adresse du laboratoire
Rapport d'analyse chimique de l'eau

Nom et adresse de l'expéditeur :

Numéro de référence de l'expéditeur :
Numéro de référence du laboratoire :

Nature de l'échantillon :

Date et heure du prélèvement :
Date et heure de l'arrivée de l'échantillon au laboratoire :
Date et heure du début de l'analyse :

Résultats

Aspect :
Couleur : ..... unités (échelle au platino-cobalt)
Odeur :
Saveur :
Température (lors du prélèvement) : ..... °C

Cations	Anions
Ammoniaque $(NH_4)+$: ..... mg/l Fer (Fe^{2+}) : ..... mg/l	Chlorures (Cl^-) : ..... mg/l Nitrites (NO_2^-) : ..... mg/l Nitrates (NO_3^-) : ..... mg/l
Alcalinité au méthylorange : ..... mg/l de $CaCO_3$ ou millilitres d'acide 1N par litre (mEq/l) Chlore résiduel (en Cl_2) : libre : ..... mg/l total : ..... mg/l	Matières organiques : ..... mg/l (Oxydabilité : oxygène consommé en ..... h ..... à ..... °C) Azote protéique (en N) : ..... mg/l

Rapport établi le :

Résultats communiqués par téléphone le :

Observations :

Signature :

MODÈLE DE BULLETIN D'ANALYSE CHIMIQUE COMPLÈTE DE L'EAU

(Nom et adresse du laboratoire)
Rapport d'analyse chimique de l'eau

		mEq/l		mg/l
Nom et adresse de l'expéditeur :				
Numéro de référence de l'expéditeur :	Dureté totale		Dioxyde de carbone libre	
Numéro de référence du laboratoire :	Alcalinité :		Anhydride carbonique agressif	
	à la phénolphtaléine		Oxygène dissous	
Nature de l'échantillon : Date et heure du prélèvement :	au méthylorange		Chlore résiduel (en Cl_2) :	
Date et heure de l'arrivée de l'échantillon au laboratoire :			libre	
Date et heure du début de l'analyse :			total	

RÉSULTATS		mg/l
Aspect :	Matières organiques (oxydabilité : oxygène consommé en ..... h ..... à ..... °C)	
Turbidité : ..... unités (indiquer l'unité utilisée)	Azote protéique (en N)	
Couleur : ..... unités (échelle au platino-cobalt)	Silice totale (en SiO_2)	
Odeur :	Composés phénoliques (en phénol)	
Saveur :	Détersifs anioniques (en substance de référence)	
pH α :	Hydrogène sulfuré (en H_2S)	
Température (lors du prélèvement) : ..... °C	Matières organiques extractibles	
Conductivité (ou résistivité) électrique à 20°C : ..... µS/cm (ou MΩ/cm)	Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)	

Cations	mg/l	mEq/l [b]	Anions	mg/l	mEq/l [b]	Substances toxiques	mg/l	mEq/l [b]	Radioactivité	pCi/l
H^+			OH^-			Plomb			Radioactivité alpha globale	
NH_4^+			Cl^-			Arsenic			Rn	
Na^+			NO_2^-			Sélénium			^{226}Ra	
K^+			NO_3^-			Chrome (hexavalent)			Radioactivité bêta globale	
Ca^{2+}			F^-			Cadmium			^{40}K	
Mg^{2+}			HCO_3^-			Cyanures			^{90}Sr	
Fe^{2+}			CO_3^-						^{129}I	
Mn^{2+}			SO_4^{2-}						^{3}H	
Zn^{2+}			PO_4^{3-} :							
Cu^{2+}			métaphosphates et polyphosphates (en PO_4)							
Al^{3+}									(Rn désigne ici les produits de filiation de courte période de ^{222}Rn et ^{220}Rn)	
Total :			Total :			Total :				

Rapport établi le :

Résultats communiqués par téléphone le :

Observations :

Signature :

[a] Indiquer si la mesure a été faite lors du prélèvement ou de l'arrivée au laboratoire.

[b] On a conservé la notation en milliéquivalents pour permettre d'établir l'équilibre cations-anions.

Annexe 2

LISTE DES PARTICIPANTS

Les personnalités suivantes ont participé à la réunion qui a conduit à l'établissement de la deuxième édition des *Normes européennes applicables à l'Eau de Boisson :*

Conseillers temporaires de l'OMS *

Dr V. Beneš, Chef du Département de Toxicologie, Institut d'Hygiène, Prague, Tchécoslovaquie

Professeur J. Borneff, Directeur de l'Institut d'Hygiène de l'Université de Mayence, République fédérale d'Allemagne

Dr L. Coin, Chef du Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris, France

Dr F. W. J. van Haaren, Directeur des Laboratoires, Service municipal des Eaux d'Amsterdam, Hemsteede, Pays-Bas

Professeur S. T. Kolaczkowski, Chef du Département de l'Approvisionnement en Eau, Institut de Recherche sur l'Economie civile, Poznan, Pologne

Professeur E. Lund, Chef du Département de Virologie et d'Immunologie vétérinaires, Collège royal des Sciences vétérinaires et d'Agronomie de Copenhague, Danemark

Dr E. Windle Taylor, Director of Water Examination, Metropolitan Water Board, Londres, Royaume-Uni

Consultant

Dr W. H. H. Jebb (*Rapporteur*), Director, Regional Public Health Laboratory, Radcliffe Infirmary, Oxford, Royaume-Uni

Organisation mondiale de la Santé

Bureau régional de l'Europe

M. J. Kumpf, Ingénieur sanitaire, service de l'Hygiène du Milieu

Dr M. J. Suess (*Secrétaire*), Ingénieur sanitaire, service de l'Hygiène du Milieu

Siège

M. W. E. Wood, Ingénieur sanitaire, service des Approvisionnements publics en Eau, Division de l'Hygiène du Milieu

---

* N'a pu assister à la réunion : Professeur N. N. Trahtman, Département de l'Hygiène communale, Institut central de hautes Etudes de Médecine, Moscou, URSS

Avaient participé à la réunion au cours de laquelle avait été préparée la première édition des *Normes européennes applicables à l'Eau de Boisson* (1962) les personnalités suivantes :

Conseillers temporaires de l'OMS

Professeur G. P. Alivisatos, Département d'Hygiène de l'Université d'Athènes, Grèce

Dr J. H. Boorsma, Chef de la Division de Chimie et de Bactériologie, Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening, La Haye, Pays-Bas

Dr R. Buttiaux, Chef de service, Institut Pasteur de Lille, France

Professeur S. M. Dratchev, Chef du Laboratoire d'Hygiène des Eaux, Institut d'Hygiène communale, Moscou, URSS

M. P. Erkola, Ingénieur sanitaire, Union des Villes finnoises, Helsinki, Finlande

Professeur H. B. Ivekovič, Directeur de l'Institut de Chimie inorganique, analytique et physique, Zagreb, Yougoslavie

Dr W. H. H. Jebb, Deputy Director, Public Health Laboratory, Oxford, Royaume-Uni

Professeur H. Kruse, Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Bureau fédéral de la Santé publique, République fédérale d'Allemagne

Dr A. Lafontaine, Directeur de l'Institut d'Hygiène et d'Epidémiologie, Bruxelles, Belgique

Professeur G. Mazzetti, Directeur de l'Institut d'Hygiène et de Microbiologie de l'Université de Florence, Italie

Dr K. Symon, Directeur de l'Institut d'Hygiène, Prague, Tchécoslovaquie

Organisation mondiale de la Santé

Bureau régional de l'Europe

Dr J. D. Cottrell, Directeur adjoint

M. J. O. Buxell, Fonctionnaire régional pour l'Assainissement

Siège

M. R. N. Clark, Ingénieur sanitaire en chef, Division de l'Hygiène du Milieu

Avaient pris part aux réunions qui ont abouti à la préparation, en 1956, du document intitulé *Normes de qualité et méthodes d'analyse pour les eaux d'alimentation applicables aux pays européens* les personnalités suivantes :

Conseillers temporaires de l'OMS

Dr J. H. Boorsma, Chef de la Division de Chimie et de Bactériologie, Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening, La Haye, Pays-Bas

Professeur G. Buonomini, Directeur de l'Institut d'Hygiène et de Microbiologie de l'Université de Pise, Italie

Professeur H. B. Ivekovič, Directeur de l'Institut de Chimie inorganique, analytique et physique, Zagreb, Yougoslavie

Professeur K. E. Jensen, Professeur de Génie sanitaire, Danmarks Tekniske Højskole, Copenhague, Danemark

Dr H. Kruse, Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Bureau fédéral de la Santé publique, République fédérale d'Allemagne

Dr A. Lafontaine, Directeur de l'Institut d'Hygiène et d'Epidémiologie, Bruxelles, Belgique

M. A. Le Strat, Chef du Service de Contrôle des Eaux de la Ville de Paris, France

Professeur G. Mazzetti, Directeur de l'Institut d'Hygiène et de Microbiologie de l'Université de Florence, Italie

Dr E. Windle Taylor, Director of Water Examination, Metropolitan Water Board, Londres, Royaume-Uni

Consultant

Dr W. H. H. Jebb, Deputy Director, Public Health Laboratory, Oxford, Royaume-Uni

Organisation mondiale de la Santé

Bureau régional de l'Europe

Dr N. D. Begg, Directeur

Dr G. Montus, Directeur adjoint

M. R. Pavanello, Fonctionnaire régional pour l'Assainissement

Siège

Dr H. G. Baity, Directeur de la Division de l'Hygiène du Milieu

Dr I. S. Eve, Médecin spécialiste des questions d'énergie atomique dans leurs rapports avec la santé

Dr S. Swaroop, Chef du Service des Etudes statistiques

BIBLIOGRAPHIE

1. Abbott, D. C. & Emsden, G. E. (1963) *Proc. Soc. Wat. Treat. Exam.*, **12**, 230
2. Abbott, D. C., Emsden, G. E. & Harris, J. R. (1963) *Analyst*, **88**, 814
3. American Public Health Association, American Water Works Association & Water Pollution Control Federation (1965) *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 12th ed., New York, APHA
4. American Society for Testing Materials (1944) *Standard method for determination of total carbon dioxide and calculation of the carbonate and bicarbonate ions in industrial waters : ASTM Designation : D513-43.* In : *1944 Book of ASTM Standards, including tentative standards*, Pt III, p. 1017, Philadelphie
5. American Society for Testing Materials (1944) *Standard method for determination of the hydroxide ion in industrial waters : ASTM Designation : D514-41.* In : *1944 Book of ASTM Standards, including tentative standards*, Pt III, p. 1020, Philadelphie
6. Betz, J. D. & Noll, C. A. (1950) *J. Amer. Wat. Wks Assoc.*, **42**, 49
7. Borneff, J. & Kunte, H. (1969) *Arch. Hyg. (Berl.)*, **153**, 220
8. Brisou, J. & Magrou, E. (1947) *Ann. Inst. Pasteur*, **73**, 290
9. Buonomini, G. & De Blasi, R. (1950) *L'esame batteriologico delle acque*, Pisa, Associazione Italiana per l'Igiene
10. Burman, N. P. (1955) *Proc. Soc. Wat. Treat. Exam.*, **4**, 10
11. Burman, N. P. (1967) *Proc. Soc. Wat. Treat. Exam.*, **16**, 40
12. Burman, N. P., Oliver, C. W. & Stevens, J. K. (1969) *Membrane filtration techniques for the isolation from water of coli-aerogenes*, E. coli, *faecal streptococci*, Clostridium perfringens, *actino-mycetes and micro-fungi. Isolation methods for microbiologists, Pt A*, Londres, Academic Press (*Society of Applied Bacteriology Technical Series*, N° 3)
13. Buttiaux, R. (1951) *L'analyse bactériologique des eaux de consommation*, Paris, Flammarion
14. Charlot, G. (1961) *Les méthodes de la chimie analytique : analyse quantitative minérale*, 4e éd., Paris, Masson
15. Coin, L., Hannoun, C. & Gomella, C. (1964) *Presse méd.*, **72**, 2153
16. Coin, L. *et al.* (1967) *Presse méd.*, **75**, 1833
17. Collingwood, R. W. (1964) *Water Res. Assoc. tech. paper*, N° **37**
18. Crosby, N. T. (1967) *Proc. Soc. Wat. Treat. Exam.*, **16**, 51
19. Crosby, N. T., Dennis, A. L. & Stevens, J. G. (1968) *Analyst*, **93**, 643
20. Dickinson, D. (1950) *The chemical analysis of waters, boiler and feed-waters, sewage and effluents*, 3rd ed., Londres, Blackie
21. Downing, A. L., Eden, G. E. & Briggs, R. (1965) *J. Inst. Sewage Purif.*, Pt I, p. 74
22. Eden, G. E. (1965) *Proc. Soc. Wat. Treat. Exam.*, **14**, 35
23. Edwards, G. P., Molof, E. H. & Schneeman, R. W. (1965) *J. Amer. Wat. Wks Assoc.*, **57**, 917
24. Elwell, W. T. & Gidley, J. A. F. (1966) *Atomic absorption spectro-photometry*, 2nd ed., Oxford, Pergamon

25. England and Wales, Department of Health and Social Security, Welsh Office, Ministry of Housing and Local Government (1969) *The bacteriological examination of water supplies*, 4th ed., Londres, H. M. Stationery Office (*Reports on public Health and medical subjects*, N° 71)

26. England and Wales, Public Health Laboratory Service, Water Sub-Committee (1952) *J. Hyg. (Lond.)*, **50**, 107

27. England and Wales, Public Health Laboratory Service, Water Sub-Committee (1953) *J. Hyg. (Lond.)*, **51**, 559

28. England and Wales, Public Health Laboratory Service, Water Sub-Committee (1953) *J. Hyg. (Lond.)*, **51**, 572

29. England and Wales, Public Health Laboratory Service, Water Sub-Committee (1958) *J. Hyg. (Lond.)*, **56**, 377

30. Evans, U. R. (1946) *Metallic corrosion passivity and protection*, 2nd ed., Londres, Edward Arnold & Co.

31. Fasken, J. E. (1940) *J. Amer. Wat. Wks Assoc.*, **32**, 487

32. France, Ministère de la Santé publique et de la Population (1962) *Recueil des Textes officiels intéressant la Santé publique et la Population*, Paris *(Fascicule spécial N° 62-31 bis, Eaux d'Alimentation)*

33. Gertner, A. & Ivekovic, H. (1954) *Z. anal. Chem.*, **142**, 36

34. Gesellschaft Deutscher Chemiker, Fachgruppe Wasserchemie (1960) *Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlamm-Untersuchung*, 3e éd. rev. Weinheim/Bergstrasse, Verlag Chemie

35. Gibbs, B. M. & Freame, B. (1965) *J. appl. Bact.*, **28**, 95

36. Gray, R. D. (1959) *J. Hyg. (Lond.)*, **52**, 249

37. Gray, R. D. (1964) *J. Hyg. (Lond.)*, **62**, 495

38. Hannay, C. L. & Norton, I. L. (1947) *Proc. Soc. appl. Bact.*, No. 1, 39

39. Institution of Water Engineers, The Royal Institute of Chemistry, The Society for Analytical Chemistry and The Society for Water Treatment and Examination (1960) *Approved methods for the physical and chemical examination of water*, 3rd ed., Londres, Institution of Water Engineers

40. International Commission on Radiological Protection (Commission internationale de Protection radiologique) (1959) *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection : Report of Committee II on permissible dose for internal radiation*, Oxford, Pergamon (Publication 2)

41. International Commission on Radiological Protection (Commission internationale de Protection radiologique) (1964) *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (as amended 1959 and revised 1962)*, Oxford, Pergamon (Publication 6)

42. International Commission on Radiological Protection (Commission internationale de Protection radiologique) (1966) *Radiation protection, recommendations of the International Commission on Radiological Protection (adopted 17 September 1965) (Publication 9)*, Oxford, Pergamon (Publication 9)

43. Jebb, W. H. H. (1959) *J. Hyg. (Lond.)*, **57**, 184

44. Jenkins, C. A. (1968) *J. Amer. Wat. Wks Assoc.*, **60**, 899

45. Knetsch, M. (1955) *Gesundheitsing.*, **76**, 211

46. Kolthoff, I. M. & Lingane, J. J. (1952) *Polarography*, 2nd ed., 2 vol., New York, Interscience Publishers

47. Kolthoff, I. M. & Sandell, E. B. (1952) *Textbook of quantitative inorganic analysis*, 3rd ed., New York, Macmillan

48. Kooijmans Louve, L. H. (1966) *International Water Supply Association General Report*, N° 3
49. Kratochvil, V. (1960) *Colln Trav. chim. Tchécosl.*, **25**, 299
50. Lapucci, P. (1952) *Riv. ital. Igiene*, **12**, 352
51. Lieffrig, P. & Buron, X. (1948) *Chim. et Industr.*, **30**, 36
52. Longwell, J. & Maniece, W. D. (1955) *Analyst*, **80**, 167
53. Lund, E. (1963) *Arch. ges. Virusforsch.*, **12**, 632
54. Lund, E. (1963) *Arch. ges. Virusforsch.*, **13**, 395
55. Lund, E. (1966) *Arch. ges. Virusforsch.*, **19**, 32
56. MacKenzie, E. F. W. (1955) *35th Report of the Director of Water Examination, Metropolitan Water Board*, Londres, Staples
57. MacKenzie, E. F. W., Taylor, E. W. & Gilbert, W. E. (1948) *J. gen. Microbiol.*, **2**, 197
58. Molt, E. L. (1956) *Chem. Weekbl.*, **52**, 265
59. Moss, M. L. & Mellon, M. G. (1942) *Ind. Engng Chem. analyt. Ed.*, **14**, 862
60. Massmann, H. (1967) *Z. anal. Chem.*, **225**, 213
61. Murphy, J. & Riley, J. P. (1962) *Anal. chim. acta.*, **27**, 31
62. Palin, A. T. (1950) *Wat. Wat. Engng*, **54**, 151, 189, 248
63. Palin, A. T. (1957) *J. Amer. Wat. Wks Assoc.*, **49**, 873
64. Panezai, A. K., Macklin, T. J. & Coles, H. G. (1965) *Proc. Soc. Wat. Treat. Exam.*, **14**, 179
65. Parr, L. W. (1936) *Amer. J. publ. Hlth*, **26**, 39
66. Poynter, S. F. B. (1968) *Proc. Soc. Wat. Treat. Exam.*, **17**, 187
67. Prescott, S. C., Winslow, C.-E. A. & McCrady, M. H. (1946) *Water bacteriology*, 6th ed., New York, Wiley
68. Public Health Laboratory Service, Standing Committee on the Bacteriological Examination of Water Supplies (1968) *J. Hyg. (Lond.)*, **66**, 67
69. Public Health Laboratory Service, Standing Committee on the Bacteriological Examination of Water Supplies (1968) *J. Hyg. (Lond.)*, **66**, 641
70. Public Health Laboratory Service, Standing Committee on the Bacteriological Examination of Water Supplies (1969) *J. Hyg. (Lond.)*, **67**, 367
71. Purdy, W. C. (1965) *Electroanalytical methods in biochemistry*, New York, McGraw-Hill
72. Rousselet, F. (1966) *Spectrophotométrie par absorption atomique appliquée à la biologie*, Paris, Sedes
73. Sandell, E. B. (1959) *Colorimetric determination of traces of metals*, 3rd ed., New York, Interscience Publishers
74. Schütz, F. & Kruse, H. (1947) *Zbl. Bakt., I. Abt. Orig.*, **152**, 135
75. Schwarzenbach, G. & Ackermann, H. (1948) *Helv. chim. Acta*, **31**, 1029
76. Slanetz, L. W. & Bartley, C. H. (1957) *J. Bact.*, **74**, 591
77. Taras, M. (1946) *J. Amer. Wat. Wks Assoc.*, **38**, 1147
78. US Department of Health, Education and Welfare (1962) *Public Health Service Drinking Water Standards 1962*, Washington D.C. *(US Public Health Service Publication* No. 956)
79. Wellings, A. W. (1933) *Analyst*, **58**, 331
80. Windle Taylor, E. (1955) *J. Hyg. (Lond.)*, **53**, 50

81. Windle Taylor, E. [Thresh, Beale & Suckling] (1958) *The examination of waters and water supplies*, 7th ed., Londres, Churchill

82. Windle Taylor, E. (1959-60) *Rep. Results chem. bact. Exam. Lond. Wat.*, **39**, 27

83. Windle Taylor, E. (1961-62) *Rep. Results chem. bact. Exam. Lond. Wat.*, **40**, 18

84. Windle Taylor, E. (1968) *42nd Report of the Director of Water Examination, Metropolitan Water Board*, Londres, Metropolitan Water Board

85. Windle Taylor, E. & Burman, N. P. (1964) *J. appl. Bact.*, **27**, 294

86. Yoe, J. H. (1928) *Photometric chemical analysis (2 vol.), Vol. 1 : Colorimetry*, New York, Wiley

Publications de l'Organisation mondiale de la Santé

87. Organisation mondiale de la Santé (1965) *Normes internationales pour l'Eau de Boisson*, 2e éd., Genève

88. Organisation mondiale de la Santé (1968) *Méthodes d'analyse radiochimique*, Genève

89. Organisation mondiale de la Santé (1962) *Principes devant régir la protection de la santé des consommateurs à l'égard des résidus de pesticides*, Genève (*Org. mond. Santé Sér. Rapp. techn.* N° 240)

90. Organisation mondiale de la Santé (1967) *Méthodes d'évaluation toxicologique des substances ajoutées intentionnellement ou non aux aliments*. Rapport d'un groupe scientifique, Genève (*Org. mond. Santé Sér. Rapp. techn.*, N° 348)

INDEX

Alcalinité, 43
  totale, 45
Aluminium, 46
Ammoniaque, 42, 43, 44
Analyse, bactériologique, 14-29
  biologique, 31
  chimique, 34–48
  physique, 41–47
  radiologique, 32–34
  virologique, 30–31
Anhydride carbonique libre, 42
Argent, 36
Arsenic, 35
Azote protéique, 43, 44

Bactéries, normes de qualité, 23–25
Bactériologique, analyse, 14–29
  modèle de bulletin d'analyse bactériologique, 50
Bacterium coli, voir Escherichia coli
Baryum, 35
Béryllium, 36
Bicarbonates, 45
Biologique, analyse, 31
Bulletins d'analyse, modèles de, 49–53

Cadmium, 35
Calcium, 46
Carbonates, 45
Chloration, 12, 16, 23, 26
  voir également : Chlorures, Phénoliques (composés)
Chlore, résiduel, 25, 30, 31, 43, 44
  neutralisation du, 28
Chlorures, 40, 43, 44
Chrome, 35
Clostridium perfringens, recherche, 22
  signification, 16
Clostridium welchii, voir Clostridium perfringens
Coliformes, épreuves de confirmation, 18–19
  recherche, 18, 19–20
  signification, 15, 17, 22, 23

Colonies, *voir* Numération des colonies
Conductivité électrique, 45
Couleur, 45
Cuivre, 39
Cyanures, 35

Détersifs, anioniques, 41, 42
  non ioniques, 41
Dureté totale, 42, 43

Echantillons, conservation, 27–29
  spéciaux, 40, 43, 46, 47
  prélèvement, 29, 31, 34, 47–48
  transport, 29, 34, 47–48
Epreuve de confirmation, 18–19
Escherichia coli, entéro-pathogènes, 17
  épreuve de confirmation, 18–19
  recherche, 18–20
  signification, 15, 16
Etain, 35, 36
Extrait chloroformique sur charbon, 36

Fer, 39, 40, 43
Fermentation en tubes multiples, méthode de la
  pour *Clostridium perfringens*, 22
  pour les coliformes, 18–19
  pour *Streptococcus faecalis*, 22
Fluorures, 38, 40–41

Germes, indicateurs, 15–17
  pathogènes, 15, 17
  voir également aux différentes espèces de germes
Germes anaérobies sporogènes, voir *Clostridium perfringens*

Hydrocarbures aromatiques polycycliques, 36–37
Hydrogène sulfuré, 40

Indicateurs, germes, 15–17
  voir également aux différentes espèces de germes

Ion oxhydryle, 46

Magnésium, 39
Manganèse, 39
Matières organiques, 43, 44
  extractibles, 36
  oxydabilité, 44

Matières solides totales, 43
Membrane filtrante, matériel, 20
  méthode de la membrane filtrante, avantages et inconvénients, 21
  pour la recherche des coliformes, 19–21
  pour la recherche du *streptococcus faecalis*, 22
  technique, 20
Mercure, 35, 36
Milieux des divers germes, *voir à* recherche *pour chaque espèce de germe*
Molybdène, 36

Nitrates, 39, 40, 43, 44
Nitrites, 43, 44
Normes de qualité bactériologique, 23–25
Numération des colonies, 16

Odeur, 43, 45
Oxydabilité, *voir* Matières organiques
Oxygène dissous, 42
Ozone, 30
  neutralisation, 28

Pathogènes, germes, 15, 17
Pesticides, 37–38
pH, 45
Phénoliques, composés, 38, 40
Phosphates, 43, 44
Physique, analyse, 41-47
Plomb, 35
Potassium, 46
Prélèvement des échantillons destinés à l'analyse bactériologique, 25–29
  voir également Analyse
Protéique, azote, 43, 44
  voir également Ammoniaque ; Nitrates ; Nitrites

Radioactivité, alpha, 32–33
Radioactivité, bêta, 32–33
Radioactivité, taux de, 32–34
Radiologique, analyse, 32–34
Résultats, expression des, 14

Saveur, 43, 45
Sélénium, 35
Silice totale, 46
Sodium, 46
Streptococcus faecalis, recherche, 22
  signification, 16
Streptocoques fécaux, voir *Streptococcus faecalis*
Substances chimiques, analyse des, 34-48
  complète, 41–47
  dont la concentration devrait être contrôlée, 41–43
  dont la présence est indésirable, 38–41
  échantillons spéciaux, 40, 43, 46, 47
  modèles de bulletins d'analyse chimique, 49, 51–53
  sommaire, 43, 47
  toxicité, 35, 47
Sulfates, 39, 43

Température, 43, 45
Thiocyanate, 36
Toxiques, substances chimiques, 35, 47
Turbidité, 45

Uranium, 36

Vanadium, 36
Virologique, analyse, 30–31

Zinc, 39